ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十卷　第三期

目　次

基因鎗轉殖台農67號水稻影響因子研究
..........................夏奇鋸　顏信沐　曾東海　卓緯玄　王強生… 1
利用DNA分子標識確認落花生種間雜交種(4x × 2x) 基因組組成與
外表型變異間之矛盾性......................黃惠娟　林順福　謝兆樞…12
三系雜交種青割玉米農藝性狀與鮮草產量之研究
..................................何千里　謝光照　曹文隆　盧煌勝…25
台南白玉米不同自交世代間F_1雜種產量的相關及其組合力之變化
....謝光照　曾富生…33
山藥之生產潛力與抗氧化酵素活性之比較
..........劉新裕　賴瑞聲　林義恭　陳淑芬　羅惠齡　王昭月　高瑞隆…40
台灣南部地區龐達巢粉蝨之發生與防治..................溫宏治　陳秋男…59
臺灣產耳葉蟬科名錄（同翅目：葉蟬總科）（英文）
..................................石憲宗　何琦琛　楊正澤　陳淑佩…66
精準農業水稻試驗農場之建立與運作
..........賴吉雄　楊清祥　陳邦華　陳志昇　劉嘉仁　陳烈夫　呂秀英…77
台灣鳳梨農場技術效率之研究...................陳唐平　楊世華　潘德芳·88

中華民國九十年九月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 1～11 (2001)

基因鎗轉殖台農67號水稻影響因子研究[1]

夏奇鋜　顏信沐　曾東海　卓緯玄　王強生[2]

摘要：本研究以本省最普遍栽培之水稻品種－台農67號之成熟種子爲材料，利用基因鎗(Biolistic PDS1000/He device, Bio-Rad) 進行基因轉殖。將成熟種子去殼後培養於添加2, 4-D之培養基中誘導胚性癒合組織增生，並以此材料測試影響基因鎗轉殖效率之各項因子，轉殖效率評估以GUS基因之暫時表現率爲依據。評估之因子包括：培植體預培養天數、微載體種類及用量、高滲透壓處理及轉殖質體對轉殖之影響；基因鎗測試之條件有：微載體至射擊目標之飛行距離（6、9 cm），大載片至擋片之距離（4、8及12 mm）。初步結果顯示，以預培養2～7日之胚性癒合組織逐日測試轉殖率，以預培養7日之培植體表現最佳；培植體於轉殖前4小時至轉殖後24小時以高滲透壓培養基處理，有助於轉殖效率之提高；比較金、鎢粒子對轉殖率在轉殖後48 h並無不同，但轉殖後120 h取樣，則金粒子組有較高之藍點數；鎢粒子用量可減少至1/3標準用量對轉殖率並無影響；利用基因鎗在使用1,100 psi裂碟片、大載片至擋片之距離爲4 mm、微載體至射擊目標之飛行距離6或9 cm之設定，GUS基因表現之平均藍點數均可達15～20個／培植體。

關鍵詞：水稻、基因鎗、轉殖。

前　　言

隨著生物技術的快速發展，轉基因作物之育成已成爲二十一世紀作物品種改良的新趨勢，也是未來解決糧食缺乏問題希望之所寄。水稻是台灣最重要之農作物，亦是全球多數人口之主要糧食，水稻轉殖研究的重要性不言可喻[4, 8, 19, 23]。本省水稻優良品種眾多但常用於轉殖研究之品種如台北309，主要原因即其具高再生率[3, 5]，但如考慮各品種在產業上相對之應用價值，具有較多優良農藝性狀之台農67號，值得我們投入更多的研究。

農桿菌轉殖法是植物基因轉殖常用之方法[14]，然而對於某些較難轉殖之單子葉植物，一般認爲必須針對不同作物，在轉殖質體 (plasmid) 構築及共培養 (co-culture) 方式上予以改進，方能提高農桿菌之轉殖效率[5, 23]。基因鎗轉殖法 (particle bombardment) 是另一個普遍採用於植物之基因轉殖法，因不需考慮寄主 (host) 與載體細菌 (vector) 之交感作用，因此常應用於農桿菌不易轉殖之單子葉植物[7]，尤其基因鎗在操作多個基因轉移上非常簡便[11]。此外利用基因片段與報導基因之結合，可快速測試基因結構與表現，亦爲基因鎗轉殖之優點[13]。影響基因鎗轉殖之因子可以分爲：受體植物本身之生理狀態，如培植體的再生能力；基因鎗射擊設定之各種參數組合；轉殖過程中如何減少粒子撞擊所引起之傷害；以及轉殖質體之構築以利外源基因在植物體內表現等[4, 19, 22]。

因爲水稻在糧食產業及分子生物研究上之重要性，水稻基因轉殖多年來不但轉殖方法日趨簡單，

---

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第2074號。

2. 本所農藝系副研究員、助理、助理研究員、助理及副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

轉殖效率更不斷提昇[6, 8]，然而不可諱言其應用之結果常因材料、環境之不同而有差異，針對諸多影響因子仍需個別加以調整，方能達到較高之轉殖效率。本篇研究即以本省最重要之栽培品種台農67號爲材料，藉由探討影響基因鎗轉殖台農67號水稻之個別因子，進而建立利用基因鎗轉殖台農67號水稻模式之初步結果。期望利用台農67號所建立之高效率水稻基因轉殖系統，未來對於生產各種抗病、抗蟲、及特殊成分基因導入之高附加價值水稻將更爲具體可行。

材料與方法

台農67號之成熟種子去殼後以2.6% 次氯酸納溶液（稀釋2倍之Clorox）消毒30分鐘，再以無菌水清洗3次後培養於癒合組織誘導培養基，經數日培養後取胚盤處長出之胚性癒合組織做爲轉殖材料。基本培養基爲N6鹽類[9]並於每公升中添加1.15 g哺氨酸，300 mg水解酪蛋白，500 mg穀胺醯酸，300 mg酸性水解酪蛋白 (casamino acid)，3 g水晶洋菜，30 g蔗糖及1 mg 2, 4-D。轉殖儀器爲粒子撞擊基因傳送系統PDS1000/He Particle Delivery System (Bio-Rad)，以下簡稱爲基因鎗。試驗如未特別聲明，係使用0.6 μm金粒子做爲微載體 (microcarrier)，基因鎗射擊參數爲：氦氣壓力以1,100 psi裂碟片 (rupture disc) 控制，裂碟片保持蓋與微載體送出組的間隙距離1/4英吋，大載片 (macrocarrier) 至擋片（stop screen）之距離爲4 mm（大載片飛行距離），射擊距離爲9 cm（微載體飛行距離），並將眞空度抽至27 mmHg。每一個培養皿以同樣之設定射擊二次，GUS基因組織化學染色係依照Jefferson (1987)[16]方法進行，並以觀察藍點表現做爲評估下列試驗轉殖效率之依據。

一、培植體預培養天數對轉殖之影響

台農67號之成熟種子於上述胚性癒合組織誘導培養基中[1]，經2～7日之暗培養後取出進行基因鎗射擊。

二、微載體種類與用量對轉殖之影響

比較金粒子與鎢粒子兩種微載體對轉殖效率之影響，金粒子直徑爲0.6 μm，鎢粒子爲0.73 μm(M-10)，微載體之準備依照基因鎗使用手冊之操作流程，轉殖條件除微載體飛行距離爲6 cm外，皆與上述基因鎗之基本設定相同，並於鎗擊後48小時及120小時，進行培植體GUS基因之組織化學染色。

以鎢粒子測試微載體用量對轉殖之影響，建議之標準使用量爲3mg/reaction，試驗比較1/2、1/3、1/6之標準微載體用量對轉殖之影響。

三、基因鎗設定參數對轉殖之影響

基因鎗測試之條件有：微載體至射擊目標之飛行距離分別爲6及9 cm，大載片至擋片之距離有4、8及12 mm則藉由間隔環數調整。

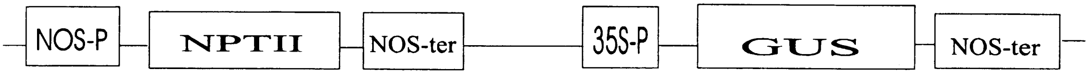
四、高滲透壓處理對轉殖之影響

高滲透壓 (0.46M) 培養基爲原胚性癒傷組織誘導培養基將其中蔗糖0.09M (30g/l) 降爲0.06M (20 g/l)，並添加各0.2M (36.4 g/l) 之甘露醇 (mannitol) 與山梨醇 (sorbitol)，培植體於轉殖前4小時移入高滲透壓培養基，並於轉殖後24小時移回原培養基，對照組則利用原胚性癒傷組織誘導培養基。

五、轉殖質體對轉殖之影響

供轉殖用之二質體係pZO1052 (7.65 kb)及pBI121 (13.0 kb)，二質體之報導基因及篩選基因皆以*Nos*爲終結子，其中pZO1052具有*Gus*報導基因及*Hpt*篩選基因，二基因皆由CaMV35S之啓動子所引導，但pZO1052之*Gus*報導基因及*Hpt*篩選基因前均插入有玉米ADH基因之內含子 (intron)（圖1A）；pBI121之*Gus*報導基因由CaMV35S啓動子引導，篩選基因*Kan*則由*NOS*啓動子引導（圖1B）；質體DNA皆以Plasmid Maxi Kit (Qiagen, Germany) 純化，並以光電比色計將DNA濃度定量至1 μg/μl。

A. pBI121 質體



B. pZO1052 質體

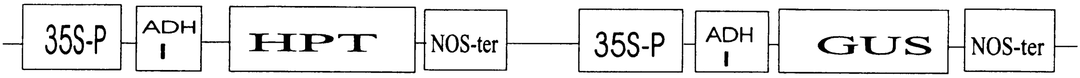


圖 1. 轉殖質體構築圖 A. pBI121 及 B. pZO1052。

Fig. 1. The constuction of A. pBI121, and B. pZO1052.
P: promoter; 35S-P: CaMV35S promoter; ADH I: maize ADH6 intron

六、統計分析

試驗所得數據利用SAS程式計算分析其結果，經變方分析後若處理效果顯著者，則利用最小顯著性測驗 (least significant difference, LSD) 在5%顯著差異水準下進行平均值顯著性測驗。

結　果

一、培植體預培養天數對轉殖之影響

去殼之成熟種子於胚性癒合組織誘導培養基中，經2～7天培養後進行基因鎗轉殖，並於轉殖後48小時取培植體進行*GUS*基因組織化學染色，試驗結果如表1，不同天數預培養對轉殖影響顯著（1% 顯著水準），經不同天數預培養之培植體藍點反應百分比與20個培植體所得之總藍點數呈現相同之趨勢，即藍點數隨著2-4日預培養逐漸增加，第4日之藍點較前兩日（2～3日）爲多且明顯（圖2A），第5～6日芽鞘生長明顯，已可見胚盤上癒合組織之生長，但藍點數較前減少，至第7日藍點數顯著增加（圖2B），其中95% 培植體皆有藍點反應，20個培植體之藍點總數爲186（表1）。

表 1. 培植體預培養天數對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 1. The effects of preculture of rice cultivar 'Tainung 67' explant on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Preculture day	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
2	20	25	17	0.9 [b]
3	20	40	23	1.2 [b]
4	20	70	58	2.9 [b]
5	20	40	21	1.1 [b]
6	20	20	12	0.6 [b]
7	20	95	186	9.3 [a]

* The different letters indicate a significant difference at the 1 % level by LSD test.

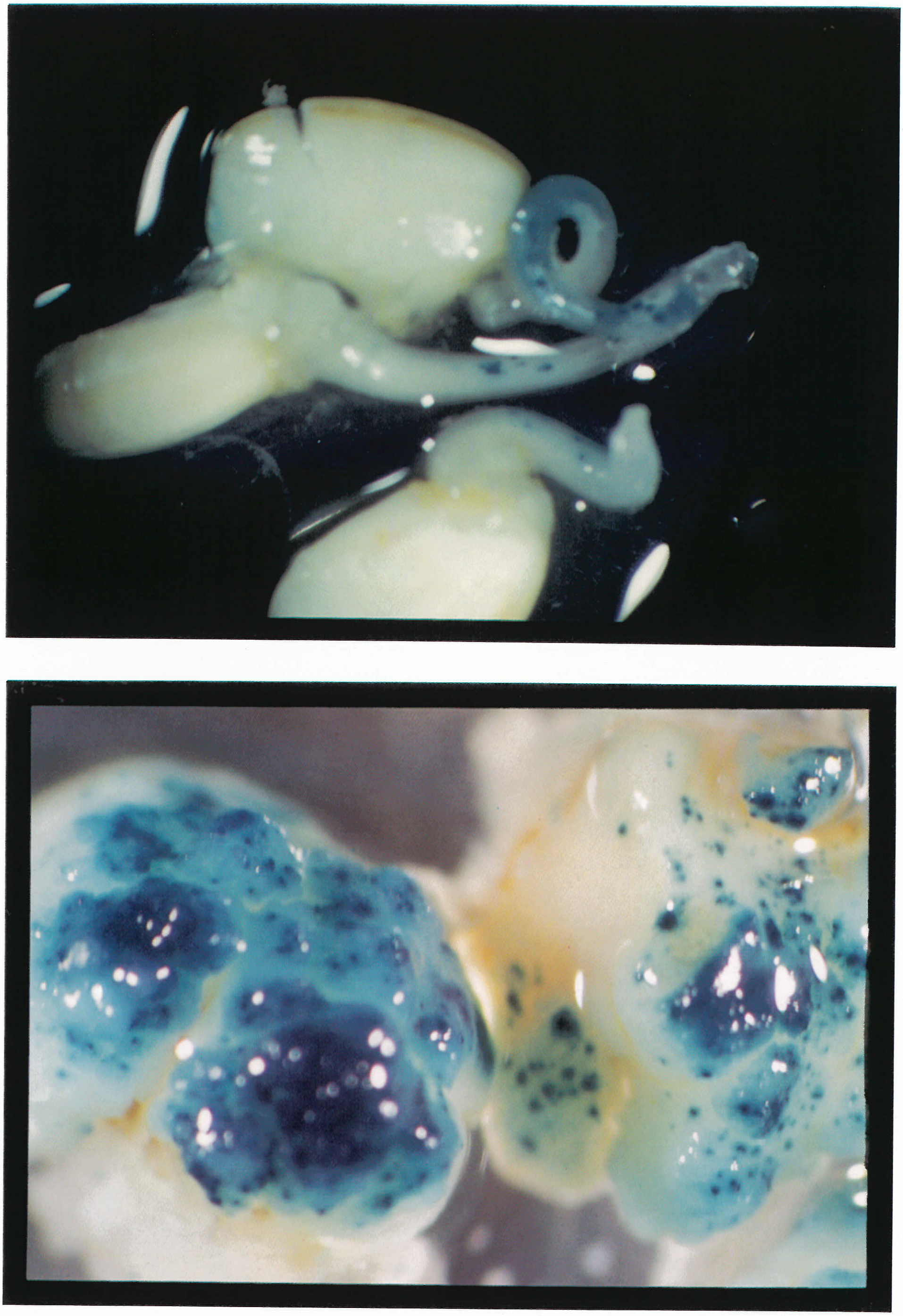


圖2. 不同預培養天數水稻培植體基因鎗轉殖後GUS基因之表現，A. 4日預培養，B. 7日預培養。

Fig. 2. Transient expression of GUS gene after bombardment of rice explants with various preculture days, A.4-day preculture, B. 7-day preculture.

二、微載體種類與用量對轉殖之影響

比較金或鎢粒子做為DNA攜帶體對轉殖效率之影響，並以GUS染色檢測於鎗擊48小時及120小時後進行取樣，結果如表2。在48小時取樣組，使用金或鎢粒子總藍點數分別為393及206，平均藍點數分別為6.6及3.4，差異並不顯著。在120小時取樣組，使用金或鎢粒子總藍點數分別為544及89，平均藍點數分別為9.1及1.5，金粒子處理顯著高於鎢粒子。

以鎢粒子測試減少微載體用量之影響，結果顯示如表3，標準用量減半 (1.5mg/reaction)、1/3 (1 mg/reaction) 用量或1/6用量 (0.5 mg/reaction) 間差異並不顯著，其中以1/3用量最佳，30個培植體之藍點總數可達521，平均藍點數為17.4；1/6用量藍點數亦可達364，平均藍點數12.1，而以1/2用量之總藍點數19為最低，亦即較高之微載體用量在轉殖上並非必要。

表2. 基因槍轉殖法中微載體金、鎢粒子對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 2. The effects of microcarrier of gold or tungsten particles for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Microcarrier	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
		48 h post-bombardment		
Gold	60	55.0	393	6.6 [a]
Tungsten	60	38.3	206	3.4 [a]
		120 h post-bombardment		
Gold	60	38.3	544	9.1 [a]
Tungsten	60	23.3	89	1.5 [b]

* Means were compared separately for each sampling time. The different letters indicate a significant difference at the 5% level by LSD test.

表3. 基因槍轉殖法中微載體鎢粒子用量對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 3. The effects of amount of tungsten particles used for DNA preparation for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

tungsten mg/reaction	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
1.5	30	20.0	19	0.63[b]
1.0	30	50.0	521	17.4[a]
0.5	30	53.3	364	12.1[ab]

* The different letters indicate a significant difference at the 5% level by LSD test.

三、基因鎗設定參數對轉殖之影響

測試金、鎢微載體至射擊目標之飛行距離6及9 cm對轉殖之影響，GUS染色取樣時間分別為射擊後48及120小時，結果各如表4及表5。金粒子微載體測試之結果如表4，48小時取樣組6及9 cm處理培植體總藍點數及平均藍點數均無差異；120小時取樣組，6及9 cm處理培植體總藍點數分別為544及204，但平均藍點數在統計上差異不顯著（表4）。以鎢粒子微載體測試之結果與金粒子之結果相同，顯示在48及120小時取樣，6及9 cm處理效果同樣皆不顯著（表5）。其中以金粒子為微載體時，藍點數並非絕對隨著時間下降，金粒子微載體6 cm飛行距離在120小時取樣組之藍點數即較48小時取樣組為高。

將基因鎗微載體至射擊目標之飛行距離固定為6 cm，比較大載片至擋片之距離（4、8及12 mm）對轉殖之影響，結果如表6，處理間之差異顯著（5%顯著水準），以最小間隔環處理之藍點數最高

表4. 微載體金粒子至標的物間射擊距離對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 4. The effects of the flight distance of gold microcarriers for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Microcarrier flight distance (cm)	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
		48 h post-bombardment		
6	60	55.0	393	6.6 [a]
9	60	58.3	271	4.5 [a]
		120 h post-bombardment		
6	60	38.3	544	9.1 [a]
9	60	33.3	204	3.4 [a]

* Means were compared separately for each sampling time. The different letters indicate a significant difference at the 5 % level by LSD test.

表5. 微載體鎢粒子至標的物間射擊距離對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 5. The effects of the flight distance of tungsten microcarriers for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Microcarrier flight distance (cm)	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
		48 h post-bombardment		
6	60	38.3	206	3.4 [a]
9	60	33.3	81	1.4 [a]
		120 h post-bombardment		
6	60	23.3	89	1.5 [a]
9	60	21.7	53	0.9 [a]

* Means were compared separately for each sampling time. The different letters indicate a significantly difference at the 5 % level by LSD test.

表6. 基因槍大載片至擋片間距離對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 6. The effects of the flight distance of macrocarriers for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Microcarrier flight distance (mm)	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
4	40	47.5	100	2.5[a]
8	40	37.5	45	1.1[b]
12	40	20.0	23	0.6[b]

* The different letters indicate a significant difference at the 5 % level by LSD test.

(100)，8及12 mm間隔環處理藍點數分別爲45及23，二者差異不顯著。

四、高滲透壓處理對轉殖之影響

高滲透壓培養基處理之結果如表7，處理之效果顯著 (5%) 高於對照組。無論以胚盤或種子爲培植體，高滲透壓培養基處理（平均藍點數11.67，5.6）皆高於未處理之對照組（平均藍點數0.1，4.1），其中高滲透壓處理對胚盤之影響尤爲顯著，高滲壓處理與對照組之藍點數分別爲11.7及0.1。

五、轉殖質體對轉殖之影響

在相同之轉殖條件下，二種轉殖質體之基因表現差異大（1%顯著水準），結果如表8，其中以pZO1052表現較佳，平均藍點數爲4.63，常用之轉殖質體pBI121轉殖效率較差平均藍點數僅爲0.23。

表7. 高滲透壓處理對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 7. The effects of high osmotic treatments for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Osmotic treatment	0.09 M corbohydrates		0.46 M carbohydrates	
Explant	Scutellum	Whole seed	Scutellum	Whole seed
Total explants	15	15	15	15
%GUS expression	6.7	60	86.7	80
Total blue spots	1	61	175	84
Mean blue spots/explant*	0.1 [b]	4.1 [b]	11.7 [a]	5.6 [ab]

* The different letters indicate a significant difference at the 1 % level by LSD test.

表8. 轉殖質體對台農67號水稻轉殖率之影響

Table 8. The effects of plasmids for transformation of rice cultivar 'Tainung 67' on particle bombardment, as determined by transient expression of GUS gene

Plasmid	Total explants	%GUS expression	Total blue spots	Mean blue spots/explant*
pBI121	30	10.0	72	0.23 [b]
pZO1052	49	63.3	27	4.63 [a]

* The different letters indicate a significant difference at the 1 % level by LSD test.

討　論

本研究採用本省最普遍栽培之台農67號成熟種子爲材料，主要著眼於將來研究成果之累積，有其廣大之應用性。報告中藉由GUS基因之暫時表現，可有效的評估培植體、基因鎗參數以及不同轉殖質體對外源基因表現之影響，藉以迅速改進影響基因鎗轉殖之各項因子，加速轉殖系統之建立與轉基因水稻之育成。

對於秈稻 (indica rice) 而言，許多轉殖研究常以未成熟胚爲材料[12]，原因爲未成熟胚具有較高之再生能力，但未成熟胚受到季節之限制及長期維持成本較高等缺點，對於大量轉殖之進行並不適用；本省栽培主要以再生培養較無困難之稉稻 (japonica rice) 爲主，因此可利用成熟胚爲轉殖材料，培植體選擇上較無限制[1]。目前國內從事水稻轉殖研究者日眾，基因鎗與農桿菌轉殖法是最常用之兩種轉殖方法，但有關影響基因鎗轉殖之各項基本因子，可資參考之報告並不多[2]，雖然理論上沒有任何一個操作流程適用於所有品種，但各項影響因子基本資料一旦建立，將可提供其他相關研究進一步改進之參考，尤其針對特定品種轉殖率之改進，應可快速建立。

預培養處理因可增加細胞分裂活性，故常被用來提高轉殖率[10]，以成熟水稻種子爲培植體而言，太早進行轉殖有可能胚之生長尚未啓動，太晚則胚性癒合組織再生力逐漸降低[1]，因此適當的預培養時間可以提高轉殖之效率。除了考慮培植體之生理狀態外，以水稻而言，未經預培養之成熟種子，胚所佔體積甚小，胚乳則佔有種子體積之大部分，因基因鎗原理爲逢機散射，以種子各部分體積比例而言，具有再生力之胚被微載體擊中之機率相對較低。在本試驗中觀察種子在培養第2日即可見隆起之胚及芽鞘，部分種子更可見芽鞘伸出，至第3日時大部分芽鞘皆已伸長。生長初期（第2～3日）以芽鞘之生長較爲明顯，因此在預培養之第3～4日，藍點主要出現在芽鞘上（圖1A），第5～6日後芽鞘漸細長而胚盤之癒合組織開始膨大，此時藍點主要集中於芽鞘與胚盤癒合組織交界處。在預培養初期（2～4日）可以見到藍點表現逐日增加，推測主要原因在於啓動胚的生長與活性，但隨著預培養天數增加，此時胚芽套及胚根之伸長與胚性癒合組織之生長有競爭之趨勢，且胚芽套、胚根及胚乳佔據培

植體之大部分，這或可解釋在經5～6日預培養藍點數下降之原因（表1）。綜合試驗數據及生長模式觀察，推論在預培養之第1～3日主要在於啓動胚的生長，在第4日後芽鞘與胚盤癒合組織之生長有明顯之競爭趨勢，因轉殖主要利用由胚盤長出之胚性癒合組織，因此建議將芽鞘於第3或4日移除，以增加胚性癒合組織後續生長，芽鞘移除後可以見到癒合組織生長有明顯增加之趨勢；以射擊面積而言，芽鞘移除後亦增加胚性癒合組織被射中之機率。本試驗中預培養7日處理之轉殖率顯著高於其他組，可以印證第6日後應該是較適當之轉殖時期，（表1、圖1B）。

許多的研究指出粒子的種類及大小對轉殖率有明顯之影響[19]，鎢粒子與金粒子相較，前者較易對細胞產生毒害之不良影響，但鎢粒子優點爲價格便宜，且在微載體製備時沒有金粒子易於集結之缺點[20]，因此鎢粒子與金粒子比較，如果表現相同或更好時，則毋需使用昂貴之金粒子。本試驗在轉殖後48 h檢測結果顯示使用金粒子或鎢粒子對轉殖差異並不顯著，證實鎢粒子應可使用於水稻之基因轉殖，至少在測試基因暫時表現率方面無不良影響，惟轉殖後120小時之取樣結果顯示，金粒子仍保持甚至有更高之藍點表現，這點是否表示金粒子之轉殖較爲穩定或鎢粒子不利於細胞之後續生長，因而影響其藍點表現率則仍有待證實。以水稻爲例，Jain等人[15]之研究指出，以直徑1.0 mm之金及鎢粒子比較，金粒子之GUS藍點表現爲鎢粒子之2.5～5.4倍。然而亦有報告指出使用0.73 mm鎢粒子於水稻轉殖，每5個培植體即可得一轉殖水稻之高轉殖率[17]，從這些結果顯示，各品種水稻對金或鎢粒子之接受性或有不同，因此其他轉殖條件之配合都可能是造成最後差異的原因。

在Casas等人之報告建議將鎢粒子比率從60 mg/ml（標準全量）降至15 mg/ml（1/4用量），有助於減少鎢粒子對細胞之毒性[4]。其實微載體之減量與DNA用量增加對轉殖促進常有相同之效果，原因是DNA/微載體之比率遠比這兩個因子單獨存在對微載體包覆DNA之影響重要[21]。本試驗以價格較低之鎢粒子測試減量之影響，結果顯示鎢粒子微載體用量減少（1/2，1/3，及1/4用量）對轉殖並無不良影響，此一結果對於價格較昂之金粒子尤爲重要，但推測微載體應有一最佳使用量（DNA/微載體之適當比率），如試驗中使用1/3微載體標準用量，可能與DNA之比率較適當，因此有較高之藍點表現（17.4）。

在基因鎗設定中三個可調距離因子分別爲 1. 裂碟片保持蓋與微載體送出組的間隙距離（1/8、2/8及3/8英吋），2. 大載片至擋片之距離 (4、8及12 mm)，可經由調整間隔環數目（每個4 mm厚）達成，3. 微載體至射擊目標之飛行距離 (6、9、12 cm)，其中射擊距離被認爲是較重要之條件，以射擊目標之飛行距離而言，理論上較短之距離 (6 cm) 承受較強之衝擊力，因此常有較多之藍點表現率，但太強之衝擊力容易造成細胞過度傷害，因而影響細胞後續之再生力。在基因鎗設定中射擊距離之重要性，與微載體之大小有密切之關係，亦即較大之微載體飛行距離之影響較小[22]。本研究中使用之金粒子直徑爲0.6 mm、鎢粒子爲0.73 mm，雖然6 cm組有較高之總藍點數，但因培植體個別表現差異大，因而造成處理間差異並不顯著（表4、5）。一般而言，射擊距離愈短往往有較高之藍點數，但因相對細胞受傷較重因此後續之成活率將成爲觀察之重點，本研究中觀察6 cm射擊距離對後續再生並無不良影響，惟因6 cm距離較短，在射擊時常引起培植體彈跳爲其缺點。

大載片至擋片之距離愈遠，則微載體下射之範圍愈集中，往往造成正下方圓心點培植體受到過多之傷害，本試驗之結果以最小間隔環距離 (4 mm) 最佳（表6），除衝擊力較小外，理論上應可有較開展之射擊範圍，可避免粒子過度集中之傷害。

高滲透壓處理因可以提高轉殖效率而經常被使用[24]，在Chen等人之水稻轉殖研究指出使用0.8M碳水化合物高滲透壓處理，每個培養皿之懸浮細胞有650～700個藍點表現，而對照組卻只有6個，差異十分顯著[6]。本試驗以種子或胚盤爲轉殖材料，發現配合高滲透壓培養基處理（0.46M碳水化合物）之轉殖率比對照組 (0.09M) 爲高，其中尤以胚盤培植體處理之效果最佳，胚盤高滲透壓處理影響差異頗大 (11.7 vs. 0.1)，若胚盤培植體未配合高滲透壓處理，其藍點數反而比全粒種子培植體之藍點少，推

測由種子長出之胚盤為新生之胚性細胞，受到粒子撞擊之傷害較其他組織大，而高滲透壓處理有助於胚盤細胞適應逆境而提高轉殖率。

轉殖質體之構築被認為是影響外源基因表現效率之重要因素，許多水稻轉殖研究發現，在雙子葉植物經常被使用之CaM35S啓動子，對單子葉之水稻效果往往並非最佳[3]；更有報告指出於轉殖基因中加入單子葉植物之內含子 (intron) 有助於基因之表現[18]，本試驗使用之轉殖質體pZO1052與常用之轉殖質體pBI121比較，其 GUS基因前插入有單子葉玉米ADH基因內含子亦有較高之基因表現，而兩質體的大小不同 (7.65 vs.13.0 kb)，可能也是影響轉殖效率因素之一。

本研究以台農67號水稻成熟種子為轉殖材料，針對影響利用基因鎗轉殖之各項因子進行研究，初步建立之資料已例行使用於本研究室轉殖試驗，主要之流程及設定條件為將成熟種子於預培養之第3～4日將芽鞘去除，以預培養7日後之胚性癒合組織為轉殖材料，轉殖前4小時至轉殖後16～24小時以高滲透壓培養基處理，金、鎢粒子皆適用於水稻轉殖，但長時間培養似乎以金粒子之表現較佳，基因鎗之設定以1,100psi，大載片至擋片之距離4 mm，微載體至射擊目標之飛行距離6 cm或9 cm（如培植體不會彈跳可使用較短之距離），一般平均藍點數皆可達15～20個藍點/培植體。有關此轉殖系統與其他已發表基因鎗轉殖系統從再生培養經轉殖及篩選後得到基因轉移水稻之整體效率比較目前正進行中。希望經此轉殖基本資料之建立，有助於未來愈來愈多想要利用基因鎗進行台農67號水稻品種及各種不同基因轉殖於水稻之研究者，以更簡單有效率的方法得到轉基因水稻。

誌　　謝

本文蒙本所農藝系蔡新聲研究員斧正，特此申謝。感謝王怡雯、蕭淑柃小姐協助本試驗進行。

引用文獻

1. 夏奇鋧、王強生。1998。水稻台農67號胚癒合組織之誘導及再生力研究。中華農業研究47: 338-345。

2. 趙雲洋。 1995。 利用粒子鎗進行水稻基因轉殖之研究。國立台灣大學農藝研究所 碩士論文。

3. Cao J., X. Duan., D. McElroy, and R. Wu. 1992. Regeneration of resistant transgenic rice plants following microprojectile-mediated transformation of suspension culture cells. Plant Cell Rep.11: 586-591.

4. Casas A. M., A. K. Kononowicz, R. A. Bressan, and P. M. Hasegawa. 1995. Cereal transformation through particle bombardment. pp. 235-264.in: Plant Breeding Reviews Vol.13 (Janick J., ed.), John Wiley & Sons. Inc., New York.

5. Chan M. T., T. M. Lee, and H. H. Chang. 1992. Transformation of indica rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Cell Physiol. 33: 577-583.

6. Chen L., S. Zhang, R. N. Beachy, and C. M. Fauquet. 1998. A protocol for consistent, large-scale production of fertile transgenic rice plants. Plant Cell Rep.18: 25-31.

7. Christou P. 1995. Strategies for variety-independent genetic transformation of important cereals, legumes and woody species utilizing particle bombardment. Euphytica 85: 13-27.

8. Christou P. 1997. Rice transformation: bombardment. Plant Mol. Biol. 35: 197-203.

9. Chu, C. C. 1978. The N6 medium and its application to anther culture of cereal crops. pp. 43-50. in: Proc. Symp. Plant Tissue Culture. (Hu, H. ed.) Science Press, Peiking, China.

10. Goldfarb B., S. H. Strauss, H. T. Howe, and J. B. Zaerr. 1991. Transient gene expression of microprojectile-introduced DNA in Douglas-fir cotyledons. Plant Cell Rep. 10: 517-521.

11. Hadi M. Z., M. D. McMullen, and J. J. Finer. 1996. Transformation of 12 different plasmids into soybean *via* particle bombardment. Plant Cell Rep. 15: 500-505.

12. Hartke S., and H. Lorz. 1989. Somatic embryogenesis and plant regeneration from various indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. J. Genet & Breed. 43:2 05-214.

13. Hensgens L. A. M., E. P. H. M. de Bakker, E. P. van Os-Ruygrok, S. Rueb, F. van de Mark, H. M. van der Maas, S. van der Veen, M. Kooman-Gersmann, L. Hart, and R. A. Schilperoort. 1993. Transient and stable expression of *gusA* fusion

with rice genes in rice, barly and perennial ryegrass. Plant Mol. Biol. 22: 1101-1127.

14. Hooykaas P. J. J., and R. A. Schilperoort. 1992. *Agrobacterium* and plant genetic engineering. Plant Mol. Biol. 19: 15-38.
15. Jain, R. K., S. Jain, B. Wang, and R. Wu. 1996. Optimization of biolistic methods for transient gene expression and production of agronomically useful transgenic Basmati rice plants. Plant Cell Rep. 15: 963-968.
16. Jefferson R. A., T. A. Kavanagh, and M. W. Bevan. 1987. GUS fusion: β-glucuronidase as a sensitive and versatile gene fusion marker in higher plants. EMBO. 6: 3901-3907.
17. Li L.,R. Qu, A. de Kochko, C. Fauquet, and R. N. Beachy. 1993. An improved rice transformation system using the biolistic method. Plant Cell Rep. 12: 250-255.
18. McElroy D., A. D. Blowers, B. Jenes, and R. Wu. Construction of expression vectors based on the rice actin 1 (*Act1*) 5' region for use in monocot transformation. Mol. Gen. Genet. 231: 150-160.
19. Morrish F., D. D. Songstad, C. L. Armstrong, and M. Fromm. 1993. Microprojectile bombardment: A method for the production of transgenic cereal plants and the functional analysis of genes. pp. 133-171. in: Transgenic plants-fundamental and applications. (Hiatt A. ed.), Marcel Dekker Inc., New York.
20. Ratnayaka I. J. S., and J. H. Oard. 1995. A rapid method to monitor DNA precipitation onto microcarriers before particle bombardment. Plant Cell Rep. 14: 794-798.
21. Rochange F., L. Serrano, C. Marque, C. Teulieres, and A. M. Boudet. 1995. DNA delivery into *Eucalyptus globulus* zygotic embryos through biolistic: optimization of the biological and physical parameters of bombardment for two different particle guns. Plant Cell Rep. 14: 674-678.
22. Sanford J. C., F. D. Smith, and J. A. Russell. 1993. Optimizing the biolistic process for different biological applications. Methods in Enzymology 217: 483-509
23. Smith R. H., and E. E. Hood. 1995. *Agrobacterium tumefaciens* transformation of monocotyledons. Crop Sci.35: 301-309.
24. Zhang S., L. Chen, R. Qu, P. Marmey, R. Beachy, and C. Fauquet. 1996. Regeneration of fertile transgenic (group 1) rice plants following microprojectile transformation of embryogenic suspension culture cells. Plant Cell Rep. 15: 465-469.

Optimization Parameters of Particle Bombardment for Tainung 67 Rice (*Oryza sativa* L.) [1]

Chi-Ni Hsia, Hsin-Muh Yen, Tung-Hai Tseng, Woei-Shyuan Jwo and Chang-Sheng Wang[2]

Summary

The objective of this study was to establish a genetic transformation system using biolistic bombardment (Biolistic PDS1000/He device, Bio-Rad) for the most popular rice cultivar 'Tainung 67' in Taiwan. Embryogenic calli were induced from mature seeds on the medium containing 2, 4-D and they were used as material for bombardment. Transformation efficiency was evaluated by the transient expression of β-glucuronidase gene. The tested parameters included: the effect of preculture duration for explants, the type of microcarriers, density of microcarrier particles used for DNA preparation, the effects of osmotic treatments, and plasmids with various constructions. Parameters of biolistic device including the flight distance of microcarriers (6 and 9 cm) and macrocarriers (4, 8, and 12 mm) were investigated. The results showed that 7-day-precultured embryogenic calli had the best responses for bombardment among 2-7 day' preculture duration. Enhanced transformation efficiency was found in the explants treated with high osmotic medium 4h prior to till 24 h after bombardment. Particles of gold and tungsten were both found suitable for rice transformation and there was no adverse effect when tungsten particles were reduced to 1/3 standard amount for DNA precipitation on transient GUS gene expression. However, it was found that gold particle had higher GUS expression at 120 h post-bombardment. A preliminary microprojectile transformation system with an average of 15-20 blue spots/explant GUS expression was routinely obtained for 'Tainung 67' by using the particle gun with 1,100 psi rupture disk, 6 or 9 cm microcarrier flight distance and 4 mm of macrocarrier flight distance setting.

Key words : Rice (*Oryza sativa* L.), Particle gun, Transformation.

---

1. Contribution No.2074 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Associate Researcher, Assistant Researcher, Research assistant, Assistant Researcher and Associate Researcher of Agronomy Department, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 12～24 (2001)

利用DNA分子標識確認落花生種間雜交種 (4x × 2x) 基因組組成與外表型變異間之矛盾性[1]

黃惠娟[2] 林順福[3] 謝兆樞[4]

摘要：本研究利用RAPD及SSR分子標識來分析落花生不同倍數性種間雜種 (4x × 2x) 的多型性產生之頻率，並探討不同倍數性之種間親本對後代DNA多型性之貢獻是否有差異存在。試驗結果顯示，使用水稻或玉米的Intra-SSR引子可由PCR增幅落花生基因組約11個DNA片段，而Inter-SSR則可由PCR增幅約7個落花生DNA片段。Intra-SSR 及Inter-SSR單一引子產生親本多型性之比率，平均分別爲45.4%及45.1%高於RAPD的41.3%。而Intra-SSR及Inter-SSR產生各個條帶之多型性比率分別爲34.2%及36.0%，亦高於RAPD的33.6%。而不論是RAPD或SSR的分析，可發現F_1的DNA條帶形式與栽培種母本相近，且其多型性條帶平均有66.8%是來自母本，只有33.2%的條帶是來自野生種父本，此種結果與基因組來源及貢獻量相符，但是卻與種間雜交種之外表型變異傾向於野生種之結果不合。因此，本試驗由分子層次確認支持基因組大小與植株外表型變異之不一致性。建議本試驗結果，可提供作物基因組及基因表現研究與種間雜交利用於品種改良之參考。

關鍵詞：落花生、種間雜交種、分子標識。

前　　言

栽培種落花生 (*Arachis hypogaea* L.) 在不同基因型間的植株型態及農藝性狀均有著明顯的變異存在，但在前人的RAPD、RFLP等分子標識分析，發現在各基因型間DNA層次的變異並不大，亦即在栽培種中其遺傳歧異度 (genetic diversity) 非常小，此現象在台灣的栽培種中情況更甚[(1)]，而在野生種中同樣經由分子標識的分析，發現有非常大的變異存在[(5, 8, 9)]。且早在1972年開始的前人研究中，陸續指出野生種落花生的抗蟲、抗病及抗旱等特性極具利用潛能[(4, 6, 11, 15)]，並已育成許多優良的種間雜交後代品系或品種[(13, 14)]。基於此黃等[(2)]自1994年開始進行落花生種間雜交之工作，期望能擴大台灣落花生栽培品種的遺傳變異性，並且將有利基因藉由種間雜交方式導入栽培種落花生。在已經完成的9個雜交組合中，已有台南11號 × *A. spegazzinii*一組合繁衍至F_6世代，目前的觀察認爲這些雜交後代對於未來的落花生抗銹病、抗葉斑病及抗紅蜘蛛的育種極具潛力[(3)]。而爲進一步瞭解在落花生種間雜交後代中，野生種遺傳質導入 (introgression) 栽培種中的情形，可利用具特定來自栽培種或野生種的多型性 (polymorphism) 分子標識來追蹤、探討，亦即利用物種特定性的標識 (species-specific marker) 來標記及

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2075號。
2. 本所農藝系助理研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
3. 前本所農藝系助理研究員，現任台灣大學農藝系助理教授。台北市。
4. 台灣大學農藝系教授。台北市。

追蹤染色體滲入的片段[5, 9, 10]。

目前常用在植物育種上及鑑定雜交後代的分子標識有RAPD (random amplified polymorphic DNA)、AFLP (amplified fragment length polymorphism)、RFLP (restriction fragment length polymorphism)、SCAR (sequence characterized amplified region)、STS (sequence targeted site) 及SSR (simple sequence repeat, or microsatellite DNA) 等，各有其利用上及操作上之優缺點，而以PCR (Polymorphism chain reaction) 技術為基礎所發展的分子標識，因其操作程序簡便及快速，是植物分子遺傳分析及育種應用上最適當的分析工具之一。本研究室先前之研究發現四倍體栽培種落花生與二倍體野生種落花生雜交後代之變異傾向於野生種外表型[3]，此種結果與兩種間雜交親本之基因組倍數性之貢獻並不符合，可能係栽培種染色體的流失，或四倍體栽培種在多倍體化過程並未增加遺傳變異性等原因所造成。利用細胞遺傳技術雖然可以追蹤種間雜交種之染色體來源，但無法辨識不同來源染色體內DNA序列之差異性，而新近發展之DNA分子標識則可彌補此項缺點，但是目前尚未有詳細利用分子標識探討不同倍數性野生種與栽培種種間雜種之研究，即探討在PCR鑑定時產生DNA條帶是否等比例來自父本及母本，抑或有不同的結果，此種研究對基因組結構及其功能或與外表型間關係之瞭解，將有很大幫助。本試驗即利用其中操作簡便的RAPD及多型性高之SSR，以分析台南11號 × *A. spegazzinii* 種間雜交組合之兩親本及其F_1之間的多型性，探討落花生種間雜種基因組結構及多型性DNA條帶之來源，並進一步驗證不同倍數性落花生其基因組大小對雜交種外表型之影響，並提供日後引進野生種優良特性之參考。

材料與方法

一、材料：母本為四倍體栽培種落花生 (*A. hypogaea*) 台南11號 (TP11)，父本為二倍體野生種落花生 *A. spegazzinii*，及其三倍體之種間雜交F_1植株，三者取樣數均在9株上。

二、方法：

(一) 種間雜交：於每日下午5時後去雄，清晨6~8時授粉。

(二) DNA萃取：葉片組織DNA的萃取依Doyle *et. al.* (1990)[7]之方式進行。

(三) RAPD分析：進行親本及種間雜交後代之RAPD。RAPD分析於總體積23μl的反應進行，內容物含60 ng基因組DNA、0.2 mM dNTPs、1.5U Taq polymerase、0.3 μ*M*逢機引子 (10-mers,)、10 X PCR緩衝液，反應條件為94℃ (變性, denature) 5分鐘後，進行45循環的94℃ 1分鐘、43℃ (黏接, annealing) 2分鐘、72℃ (延伸, extension) 3分鐘，最後72℃ 10分鐘。逢機引子購自British Columbia大學100支及Operon公司120支，總共220支，分別以UBC1-100及OPA1-20, OPB1-20, OPC1-20, OPD1-20, OPT1-20, OPAY1-20為代號。

(四) SSR分析（simple sequence repeat，簡單重複序列，或稱microsatellite DNA）：於總體積23μl的反應液進行，內容物含量與RAPD相同，依其PCR放大機制之不同，可分為Intra-SSR及Inter-SSR兩種。Intra-SSR引子以兩支為一組，引子長度在15~30核苷酸對 (15-30 mers) 之間，序列是依據水稻及玉米之簡單重複DNA序列所設計，共有67組，其PCR產物為重複序列片段。Inter-SSR所用之引子為來自British Columbia大學所生產的100支簡單重複序列的SSR之商業產品，以UBC801-900為代號。反應條件為94℃ (變性, denature) 5分鐘後，進行35循環的94℃ 30秒、47℃ (黏接, annealing) 30秒、68℃ (延伸, extension) 20秒，其PCR產物則為相鄰兩重複序列間之DNA片段。

(五) 電泳分析：上述RAPD分析之PCR產物以1％洋菜凝膠 (SeaKen LE agarose, FMC)，於10 X TAE緩衝液下，75V電壓下進行電泳；Intra-SSR分析之PCR產物以3％MetaPhore凝膠 (FMC)，於10X TAE緩衝液下，95V電壓下進行電泳；而Inter-SSR之PCR產物以2％洋菜凝膠 (SeaKen LE

agarose, FMC)，於10X TAE緩衝液下，95V電壓下進行電泳；三者電泳後以溴化乙錠 (EtBr) 染色，在UV燈下照相紀錄結果。

三、有效引子之測定：PCR反應後之產物經電泳分析，在父本或母本呈現具差異性的DNA條帶，亦即具有DNA片段多型性之引子，稱爲有效引子；若父、母本DNA條帶無差異性則不予計算，參考自He, G. and G. S. Prakash (1997) [12]。測定項目包括：

(一) DNA條帶數 (number of bands)：在父、母本呈現的總DNA條帶數。

(二) 多型性DNA條帶 (polymorphic bands)：計算在父、母本呈現具差異性的DNA條帶。

(三) 多型性比率 (polymorphic rate, %)：多型性DNA條帶÷總DNA條帶數。

(四) F_1的多型性條帶來源：判定在F_1植株的多型性條帶是來自父本或母本。

結　果

利用RAPD分析來偵測落花生種間雜交親本及F_1後代的DNA片段多型性結果列於表1-2及圖1，在UBC系列100支引子，有24支引子可區別父母本DNA的條帶形式，每一引子之平均條帶數爲10.7，多型性條帶平均爲3.7條，多型性比率爲34.6%，而F_1植株多型性條帶來源的測定，來自栽培種

表1. 在落花生親本及種間雜交F_1具有多型性之RAPD引子（UBC系列）

Table 1. RAPD primers (UBC set) detecting polymorphic DNAs of parents from the interspecific hybrid (F_1) and parents

Primer code	No. of bands	Polymorphic bands	Polymorphic rate (%)	F_1 polymorphic origin	
				Female	Male
UBC5	8	4	50.0	2	1
UBC9	9	3	33.3	2	1
UBC10	11	4	36.4	1	2
UBC11	14	3	21.4	2	0
UBC14	9	4	44.4	1	2
UBC17	9	4	44.4	3	1
UBC19	12	6	50.0	2	2
UBC21	13	2	15.4	1	1
UBC23	10	4	40.0	1	2
UBC28	14	4	23.6	1	2
UBC29	13	3	23.1	1	2
UBC37	14	7	50.0	5	2
UBC41	7	2	28.6	0	2
UBC48	11	4	36.4	3	1
UBC51	14	6	42.9	3	2
UBC53	10	2	20.0	1	1
UBC54	11	7	63.6	3	2
UBC56	9	1	11.1	0	1
UBC59	8	2	25.0	1	1
UBC61	11	5	45.5	3	0
UBC62	11	4	36.4	3	1
UBC72	10	2	20.0	0	2
UBC73	9	2	22.2	1	0
UBC97	9	4	44.4	2	2
Total	256	89	---	42 (56%)	33 (44%)
Average	10.7	3.7	34.6	1.8	1.4

表2. 在落花生親本及種間雜交F_1具有多型性之RAPD引子（Operon系列）

Table 2. RAPD primers (Operon set) detecting polymorphic DNAs of parents from the interspecific hybrid (F_1) and parents

Primer code	No. of bands	Polymorphic bands	Polymorphic rate (%)	F_1 polymorphic origin	
				Female	Male
OPA1	12	7	58.3	3	1
OPA2	15	9	60.0	4	0
OPA4	7	3	42.9	2	1
OPA5	8	4	50.0	3	0
OPA9	7	4	57.1	4	0
OPA10	9	3	33.3	3	0
OPA11	11	7	63.6	3	2
OPA12	9	5	55.6	2	2
OPA14	9	4	44.4	1	2
OPA15	9	4	44.4	2	2
OPA17	7	4	57.1	3	0
OPA18	9	5	55.6	3	0
OPA19	9	4	44.4	3	1
OPA20	13	9	69.2	2	2
OPB1	11	5	45.5	4	0
OPB2	14	9	64.3	4	3
OPB3	5	1	20.0	1	0
OPB4	14	4	28.6	0	1
OPB5	10	4	40.0	3	1
OPB6	10	5	50.0	3	0
OPB7	14	8	57.1	7	1
OPB8	8	6	75.0	1	1
OPB9	11	5	45.5	4	1
OPB10	10	6	60.0	3	2
OPB11	11	7	63.6	4	2
OPB12	16	11	68.8	5	3
OPB13	13	8	61.5	3	0
OPB14	11	3	27.3	2	0
OPB15	12	5	41.7	3	1
OPB16	11	7	63.6	3	2
OPB17	9	3	33.3	2	1
OPB18	9	3	33.3	1	2
OPB19	13	5	38.5	3	1
OPB20	11	7	63.6	3	1
OPC1	5	2	40.0	0	1
OPC2	8	4	50.0	2	1
OPC3	8	2	25.0	2	0
OPC4	8	4	50.0	2	0
OPC6	12	5	41.7	3	0
OPC7	9	6	66.7	3	1
OPC8	10	3	30.0	3	0
OPC10	7	4	57.1	2	0
OPC11	6	4	66.7	3	1
OPC12	6	3	50.0	2	1
OPC13	12	6	50.0	5	0
OPC15	6	2	33.3	1	0
OPC16	6	4	66.7	2	0
OPC17	9	7	77.8	5	1
OPC18	6	4	66.7	3	0
OPC19	8	3	37.5	3	0
OPC20	6	3	50.0	1	1
OPD3	12	5	41.7	1	0
OPD5	8	4	50.0	1	0
OPD6	8	4	50.0	2	2
OPD7	6	1	16.7	0	1
OPD8	10	3	30.0	2	1
OPD10	7	5	71.4	2	2
OPD12	7	2	28.6	1	0
OPD13	12	4	33.3	1	1
OPD14	8	6	75.0	4	1
OPD16	8	3	37.5	2	0
OPD17	7	4	57.1	4	0
OPD19	10	6	60.0	5	0
OPD20	11	5	45.5	4	0
OPT2	10	6	60.0	2	3
OPT3	9	4	44.4	1	1
OPT4	8	2	25.0	1	1
OPT5	8	1	12.5	0	0
OPT6	16	7	43.8	5	1
OPT7	9	2	22.2	1	0
OPT8	13	2	15.4	0	0
OPT9	10	4	40.0	4	0
OPT10	11	6	54.5	2	3
OPT11	14	6	42.9	3	3
OPT12	10	4	40.0	1	3
OPT14	14	8	57.1	3	3
OPT16	11	5	45.5	0	3
OPT17	10	4	40.0	2	2
OPT18	12	3	25.0	2	0
OPT19	8	3	37.5	2	0
OPT20	13	3	23.1	1	2
OPAY1	4	1	25.0	0	0
OPAY2	12	7	58.3	2	0
OPAY3	12	7	58.3	2	1
OPAY5	14	9	64.3	6	1
OPAY6	14	6	42.9	2	1
OPAY7	13	9	69.2	7	2
OPAY9	11	4	36.4	2	2
OPAY10	16	7	43.8	2	5
OPAY11	11	6	54.5	4	1
OPAY12	15	7	46.7	1	3
OPAY13	12	8	66.7	3	4
OPAY14	10	5	50.0	1	1
OPAY17	9	3	33.3	1	2
Total	942	451		229(70%)	99(30%)
Average	10.0	4.8	48.0	2.4	1.1

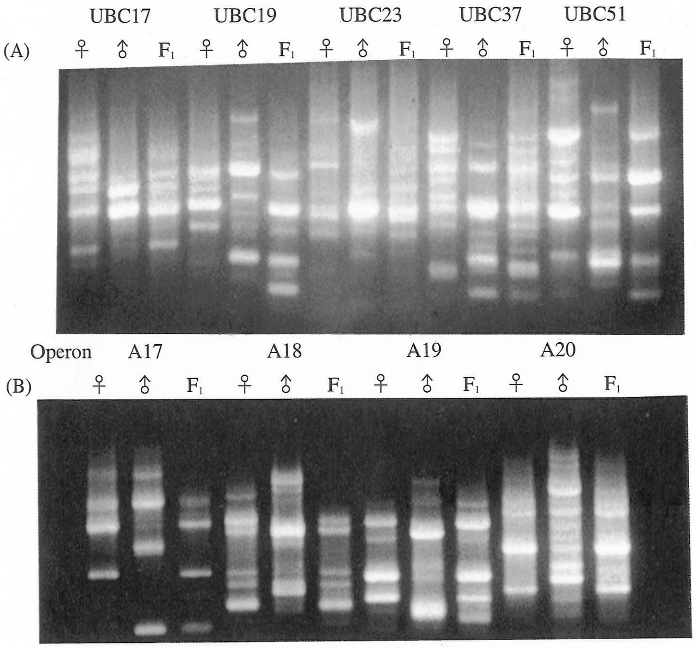


圖 1. 在親本及雜交後代具多型性的RAPD引子。

Fig 1. Primers detecting RAPD DNA markers.

(A) UBC 17: CCTGGGCCTC
UBC 19: GCCCGGTTTA
UBC 23: CCCGCCTTCC
UBC 37: CCGGGGTTTT
UBC 51: CTACCCGTGC

(B) Operon A 17: GACCGCTTGT
Operon A 18: AGGTGACCGT
Operon A 19: CAAACGTCGG
Operon A 20: GTTGCGATCC

母本有42個條帶（佔56%），另有33個條帶（平均爲44%）起源野生種父本（表1）。另在Operon系列，多型性條帶平均爲4.8條，多型性比率爲48.0%，兩者均比UBC系列高（表2）；而F_1植株多型性條帶來自母本有229個條帶（佔70%），另有99個條帶（平均爲30%）來自父本，所以RAPD兩系列所測定F_1植株多型性條帶，均偏離預期之50%來自父本或母本，其平均有271個條帶（平均爲67%）來自母本，另有132個條帶（平均爲33%）起源野生種父本。

而像圖1中由UBC19引子所增幅的F_1 DNA最下方有一並非來自父母本的明顯條帶，這種F_1植株具有本身獨特的多型性條帶，在本試驗中偶而可見到（資料未顯示），此可能原因有二，一是在進行PCR熱循環增殖DNA時，原先給予的DNA模版 (temple) 互相競爭引子所造成的試驗誤差；二可能爲動態 (dynamic) 遺傳變異所造成的，係相對於靜態的遺傳變異（指雜交後代個體之變異範圍，僅限於原親本之所有可能基因型之組合），而此種新變異的主要來源可能爲基因間相互作用所產生，或點的突變、不均等交換 (unequal crossing over)、甲基化 (methylation)、基因增幅 (gene amplification)、基因內重組 (intragenic recombination) 等原因所造成。而在本試驗所形成之原因，抑或兩者都有可能，此有待進一步詳細探討。

表3爲綜合整理兩組RAPD的結果，整個有效RAPD引子產生DNA條帶數介於5~16條之間，平均產生的DNA條帶爲10.4條，其中單一引子在親本之間顯現出多型性的條帶介於1~11條之間，平均爲4.3條，多型性比率介於11-80%之間，平均爲41.3%，可見RAPD依使用引子種類之不同，即核苷酸序列不同，所產生DNA條帶、多型性條帶數及多型性比率有很大差異，而若能篩選到DNA條帶數適

表3. RAPD引子在落花生種間雜交兩親本之間產生的DNA條帶數、多型性條帶數及多型性比率程度及分佈範圍

Table 3. Number of bands, polymorphic bands amplified by RAPD primers and their polymorphic rate between the interspecific parents of peanut

No. of bands	No. of primers	Polymorphic bands	No. of primers	Polymorphic rate (%)	No.of primers
16	3	11	1	71-80	4
15	2	9	5	61-70	16
14	11	8	4	51-60	18
13	8	7	13	41-50	37
12	11	6	13	31-40	19
11	17	5	14	21-10	15
10	14	4	32	11-20	9
9	19	3	18		
8	15	2	13		
7	8	1	4		
6	7				
5	1				
Mean=10.4		Mean=4.3		Mean =41.3	

中（約4~6條），但多型性條帶數較多，即多型性比率高的引子如圖1之Operon A 17-19，將能更有效的鑑定作物之雜交種或一般種原。

另利用SSR（Inter-及Intra-）分子標識的測定結果列於表4-6及圖2，表4中Intra-SSR所能測到的

表4. Intra-SSR引子在落花生種間雜交兩親本之間產生的DNA條帶數、多型性條帶數及多型性比率程度及分佈範圍

Table 4. Number of bands, polymorphic bands amplified by Intra-SSR primers and their polymorphic rate between interspecific parents of peanut

No. of bands	No. of primers	Polymorphic bands	No. of primers	Polymorphic rate (%)	No.of primers
		Rice			
15	2	8	1	71-80	1
14	3	7	1	51-60	2
13	3	6	7	41-50	13
12	6	5	8	31-40	8
11	6	4	7	21-30	4
10	4	3	2	11-20	2
9	4	2	3		
8	1	1	1		
6	1				
Mean =11.3		Mean=4.6		Mean =40.7	
		Corn			
16	1	11	1	71-80	2
15	1	10	1	61-70	5
14	1	8	2	51-60	4
13	3	7	3	41-50	4
12	1	6	5	31-40	2
11	3	5	2	21-20	4
10	3	4	1		
9	4	3	2		
8	2	2	3		
7	2				
Mean =10.7		Mean =5.4		Mean =50.5	
Pooled mean=11.1		Pooled mean=5.0		Pooled mean=45.4	

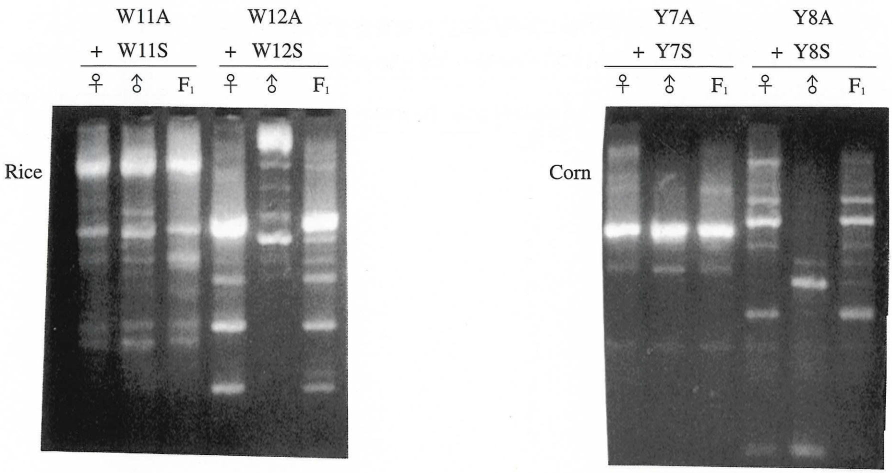


圖2. 在親本及雜交後代具多型性的Intra-SSR引子。

Fig 2. Pimers dectecting polymorphic Intra-SSR DNA markers ·

W11A + W11S: AAGCCTTTCCTGGTAACACG + AACTCATTTGTCACACGCACA

W12A + W12S: ACGAGATACGTACGCCTTTG + AACGCGAGGACACGTACTTAC

Y 7A + Y 7S: ATTTCCAGTTGCCACCGACGAAGAACTT + TTGTCTTTCTTCCTCCACAAGCAGCGAA

Y 8A + Y 8S: GCGGCATCCCGTACAGCTTCAGA + TTACTCCCTATCCACTGCGGCCTGGAC

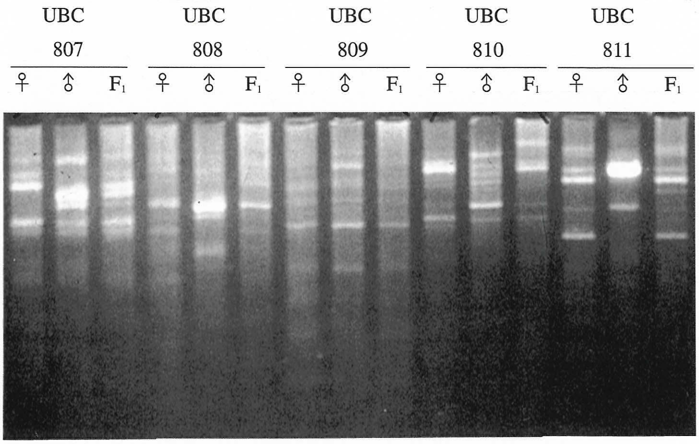


圖3. 在親本及雜交後代具多型性的Inter-SSR引子。

Fig 3. Pimers dectecting the Inter-SSR DNA markers.

UBC 807: AGAGAGAGAGAGAGAGT

UBC 808: AGAGAGAGAGAGAGAGC

UBC 809: AGAGAGAGAGAGAGAGG

UBC 810: GAGAGAGAGAGAGAGAT

UBC 811: GAGAGAGAGAGAGAGAC

表5. 在落花生親本及種間雜交F_1具有多型性之Intra-SSR引子

Table 5. Primers detecting Intra-SSR DNA markers from parents and the interspecific hybrids (F_1) of peanut

Primer code	No. of bands	Polymorphic bands	Polymorphic rate (%)	F_1 polymorphic origin	
				Female	Male
		Rice			
W1A+W1S	9	2	22.2	1	1
W3A+W3S	10	3	30.0	2	0
W5A+W5S	9	4	44.4	2	2
W7A+W7S	6	1	16.7	1	0
W8A+W8S	13	5	38.5	2	2
W9A+W9S	15	4	26.7	2	2
W10A+W10S	8	2	25.0	1	0
W11A+W11S	11	4	36.4	2	2
W12A+W12S	11	8	72.7	3	4
W13A+W13S	14	6	42.9	3	3
3R+3F	11	2	18.2	2	0
13R+13F	12	6	50.0	4	0
22R+22F	12	6	50.0	5	1
24R+24F	12	4	33.3	4	0
26R+26F	11	4	36.4	2	1
27R+27F	12	6	50.0	4	2
30R+30F	12	5	41.7	3	0
34R+34F	12	5	41.7	2	0
38R+38F	9	5	55.6	3	1
41R+41F	15	7	47.7	1	2
44R+44F	9	4	44.5	3	1
51R+51F	10	3	30.0	1	0
53R+53F	14	6	42.9	2	2
55R+55F	14	6	42.9	4	1
60R+60F	10	5	50.0	3	1
80R+80F	13	5	38.5	5	0
83R+83F	10	4	40.0	2	1
202R+ 202F	11	6	54.5	4	0
204R+ 204F	13	5	38.5	3	1
205R+ 205F	11	5	45.5	2	1
Average	11.3	4.6	40.7		
		Corn			
Y1A+Y1S	8	3	37.5	0	2
Y2A+Y2S	11	8	72.7	3	4
Y5A+ Y5S	9	6	66.7	3	2
Y6A+Y6S	15	10	66.7	6	3
Y8A+Y8S	12	7	58.3	3	3
Y9A+Y9S	10	3	30.0	2	0
Y10A+ Y10S	7	3	42.9	1	0
Y12A+Y12S	9	2	22.2	0	1
Y13A+Y13S	9	7	77.8	3	0
Y14A+Y14S	10	4	40.0	2	1
Y15A+Y15S	9	6	66.7	4	1
Y16A+ Y16S	7	2	28.6	1	0
Y17A+Y17S	8	2	25.0	1	0
Y18A+Y18S	13	7	53.8	5	0
Y19A+Y19S	11	5	45.5	2	2
Y20A+ Y20S	11	6	54.5	3	2
Y22A+Y22S	13	8	61.5	3	0
Y23A+Y23S	13	6	46.2	4	0
Y25A+Y25S	14	5	35.7	2	2
Y26A+Y26S	16	11	68.8	4	4
Y27A+Y27S	10	6	60.0	5	0
Average	11.1	5.0	50.5		
Total	564	255		135(70%)	58(30%)
Pooled average	11.1	5	45.4	2.6	1.1

表6. 在落花生親本及種間雜交F_1具有多型性之Inter-SSR引子

Table 6. Primers detecting Inter-SSR DNA markers from the parents and interspecific hybrids (F_1) of peanut

Primer code	No. of bands	Polymorphic bands	Polymorphic rate (%)	F_1 polymorphic origin	
				Female	Male
UBC801	7	4	57.1	2	2
UBC802	5	3	60.0	2	0
UBC804	6	2	33.3	1	0
UBC805	5	3	60.0	2	1
UBC807	7	3	42.9	1	2
UBC808	7	5	71.4	2	1
UBC810	7	4	57.1	2	0
UBC811	5	2	40.0	2	0
UBC812	8	4	50.0	4	0
UBC814	8	5	62.5	3	2
UBC815	6	4	66.7	2	1
UBC817	8	2	25.0	1	1
UBC820	5	3	60.0	0	0
UBC822	7	4	57.1	4	0
UBC827	9	4	44.4	2	2
UBC828	5	2	40.0	1	0
UBC830	7	3	42.9	2	1
UBC834	6	2	33.3	0	2
UBC836	7	4	57.1	3	1
UBC841	6	3	50.0	2	1
UBC843	5	3	60.0	2	1
UBC844	4	2	50.0	2	0
UBC845	7	3	42.9	2	0
UBC846	11	4	36.4	2	1
UBC850	9	3	33.3	2	1
UBC852	5	2	40.0	1	0
UBC855	7	4	57.1	2	0
UBC859	8	4	50.0	2	1
UBC864	8	2	25.0	1	1
UBC873	8	3	37.5	2	1
UBC880	8	3	37.5	1	1
UBC881	9	3	33.3	2	0
UBC884	8	4	50.0	2	2
UBC886	7	3	42.9	1	0
UBC887	10	4	40.0	2	0
UBC888	6	2	33.3	2	0
UBC889	9	4	44.4	1	2
UBC891	11	4	36.4	3	1
Total	271	123		70(71%)	29(29%)
Pooled average	7.1	3.2	45.1	1.8	0.76

條帶數介於6~16條之間，平均爲11.1條，其中來自水稻簡單重複序列引子的爲11.3條，玉米的爲10.7條；而親本之間多型性條帶，則以玉米的5.4高於水稻的4.6，兩者平均爲5.0條，親本之間多型性條帶比率，同樣以玉米的50.5%高於水稻的40.7%，平均則爲45.4%。表5則爲67組Intra-SSR其中能顯現多型性的51組引子個別資料，而Intra-SSR引子在測定F_1的多型性條帶起源，與RAPD引子同樣來自栽培種母本較多，有高達70%（135個）條帶，另有30%（58個）條帶來自野生種父本。在表6中100支Inter-SSR有38支具有親本間之多型性，所能測到的條帶數介於4~11條之間，平均爲7.1條，而親本之間多型性條帶爲3.2條，其在親本之間多型性條帶比率平均爲45.1%，與Intra-SSR多型性條帶比率相近。在測定F_1的多型性條帶起源，同樣有高達71%（70條）條帶是來自母本，只有29%（29條）條帶來自父本。

綜合RAPD及SSR兩項分子標識測定落花生親本的結果（表1-6），以Intra-SSR引子所能顯現的條帶最多，平均爲11.1條，Inter-SSR的平均條帶最低，平均爲7.1條，而RAPD系列平均爲10.4條，所以在條帶數的測定而言，RAPD引子是高於SSR引子，但在測定親本之間多型性條帶的比率，則以SSR的45.3%（Inter-SSR之45.1%及Intra-SSR之45.4%）高於RAPD的41.3%，故可說SSR分子標識的多型性測定落花生種間雜交後代效率是高於RAPD的。

另外，由所有參試的RAPD及SSR引子來比較可在兩親本間偵測出多型性的有效引子百分比（表7），平均57.1%的SSR引子數可偵測出親本之多型性，略高於RAPD之有效引子百分率（53.6%）。就個別在F_1植株上所能測到的多型性條帶而言，同樣以SSR條帶具有多型性百分比35.1%（Intra-SSR及Inter-SSR的34.2%及36.0%）高於RAPD的33.6%，所以針對落花生種間雜種鑑別利用而言，SSR分子標識比RAPD分子標識有較高的多型性測定效率（表7）。無論RAPD或SSR分析均顯示親本間多型性之條帶，來自栽培種與來自野生種之比例約爲2：1。

表7. RAPD及SSR引子測定落花生親本及種間雜交F_1之多型性效率

Table 7. Summary of primers tested in RAPD and SSR studies for the identification of DNA polymorphism in the parents and interspecific hybrid F_1

Type of primer	No. of primers tested	No. of informative primers	% of informative primers	No. of bands	No. of polymorphic bands	% of polymorphic bands
RAPD primer	220	118	53.6	1198	403	33.6
SSR primer	167	89		835	292	
Intra-SSR	67	51	76.1	564	193	34.2
Inter-SSR	100	38	38.0	271	99	36.0
Average			57.1			35.1
Total	387	207		2046	694	

雖然在先前研究發現四倍體栽培種與二倍體野生種落花生雜交所產生後代雜交種，其重要農藝性狀之外表型傾向於中間型或野生種[3]，然而本試驗結果發現，四倍體栽培種所提供之DNA多型性約爲二倍體野生種之兩倍，即使如此，三倍體之種間雜交種外表型仍以二倍體野生種爲主，故本試驗支持作物基因組大小與外表型變異之不一致性現象的存在。

討　論

物種基因組中具有短的核苷酸（1~6個）重複性序列 (short tandem repeat)，能表現出明顯的多型性，可作爲種原之鑑定，稱爲簡單重複序列，簡稱SSR。SSR分子標識可分爲Intra-SSR及Inter-SSR

兩種，Intra-SSR主要利用簡單重覆序列兩旁之保留性序列 (conserved sequence) 設計兩條引子，以放大SSR片段，其多型性來自重複序列數目之不同，所呈現的爲共顯性 (codominant) 的標識，亦即爲多重等位基因 (multiple alleles)，但是在本試驗因使用水稻及玉米之引子，其在落花生種間F_1產生之DNA條帶遠大於共顯性之2條（水稻平均爲11.3條，玉米平均爲10.7條），可知水稻及玉米SSR兩旁之單一片段保留性序列，在落花生卻有多個copy片段存在，由此推知落花生的基因組是較水稻430Mb及玉米爲大。而Intra-SSR的缺點爲設計引子時需有序列的相關資料 (sequence information)，且必需使用較昂貴的MetaPhore gel或定序用的膠 (sequencing gel)。另外利用物種之SSR序列所設計的引子，以放大兩個SSR間之片段，稱爲Inter-SSR，其多型性來自引子是否能與試驗材料的DNA黏接 (annealing)上，此種SSR不需相關的序列訊息，亦可使用一般的agarose gel，分析上較爲簡單且費用低，惟其只是顯性 (dominant) 的標識，而非共顯性，但卻可在不同的物種間使用。而在本試驗中Intra-SSR能夠顯現多型性的引子比率爲76.1%，明顯的高於Inter-SSR的38.0%（表7），可能是因爲Intra-SSR使用成對（2條）引子，較Inter-SSR僅用單一條引子，增值染色體組上DNA片段之專一性較高，故就本試驗結果而言，Intra-SSR比Inter-SSR的有效引子百分比爲高。

由前述可知SSR較RAPD在落花生種間雜交的親本及F_1均有較高的多型性測定效率的試驗結果（表1-7）來看，在本試驗中SSR是比RAPD的測定效果爲佳，且一般而言，SSR的穩定性（條帶的再現性）較RAPD爲好，原因爲SSR的引子序列較RAPD的10氮基對 (bp) 爲長，約爲15~30氮基對，（一般爲20左右），所以引子在黏接上模版DNA的條件較嚴苛，且黏接的溫度較高，時間較短（SSR約爲47-55℃，20-30秒; RAPD約爲37-50 ℃，2~3分鐘），所以產生錯誤的機會較小，故DNA條帶再現性高。總結本試驗結果而言，RAPD及SSR兩種分子標識在操作過程簡便，省時，有效率，且不使用放射線或銀染，可測定落花生不同種間的多型性及進行雜交種的鑑定，能有效的應用於本試驗主要目標落花生抗病育種上，及探討雜交後代中野生種種質滲入栽培種的程度，並可進一步廣泛的應用於其他作物的雜交育種上。

由先前的落花生種間雜交後代的鑑定試驗[3]得知，F_1植株之外表型態，除花之旗瓣呈桔黃色與栽培種母本相同外（野生種爲黃色），其餘大部分之外表型態均呈現中間型，包括半匍匐性的植株生長型態，花器的大小，葉片的大小、型態、色澤，及果莢、籽粒的大小等。另外植株生長習性是呈現與父本相同的多年生習性，而在F_1植株上可得到的少數果莢，亦均與父本相同爲單粒莢型態，且果莢網紋明顯，莢喙突出，可知植株外表型態多呈現父母本之中間型，或偏向父本，少數性狀才與母本相近的結果，但本試驗中不論是RAPD或SSR的分析，可發現在落花生種間雜交的F_1的植株，其DNA多型性條帶高達66.8%來自栽培種母本（RAPD爲67%，Intra-SSR爲70%，Inter-SSR爲71%表1-2，5-6），來自父本的僅有33.2%，探究其主要原因可能是四倍體的栽培種母本 (AABB) 與二倍體的父本 (AA)，雜交所得之三倍體F_1 (AAB) 植株，其中2個單倍體A、B基因組 (genome) 均來自母本，僅一個A基因組來自父本所致，所以F_1植株的DNA組成理論上有三分之二來自母本，三分之一來自父本，而以PCR爲基礎的SSR或RAPD分子標誌有較高增幅母本染色體的機會，使得在F_1植株測得多數的DNA條帶來自雌親，而非各50%的雌、雄親量，此種結果與細胞遺傳之染色體數分析結果相符[3]，說明並無染色體流失現象發生。而在F_1植株呈現外表型偏向父本或中間型，其原因可能是控制這些主要性狀的基因大都位在A基因組上，且在野生種中多爲顯性性狀，或是四倍體栽培種在多倍體化或在馴化選拔過程中，不具作用或隱性對偶基因的頻度增高所致，仍有待進一步研究。而不同倍數性之親本對後代DNA多型性來源之貢獻不同，像具異元多倍體 (AABB) 之栽培種，有利於種間雜交種之DNA多型性，進而提供較多有用的DNA標識，供基因定位或分子育種上之利用。

引用文獻

1. 張同吳。1995。台灣落花生品種（系）之遺傳研究。中興大學農藝學研究所碩士論文。
2. 黃惠娟、曹文隆、楊金興、蔡志濃。1996。引進落花生種原之特性評估。中華農業研究 45: 15-25。
3. 黃惠娟、曹文隆、林順福、謝兆樞、蔡志濃。1999。落花生種間雜交種之鑑別及其特性分析。中華農業研究 48: 40-51。
4. Bromfield, K.R., and W.K. Bailey. 1972. Inheritance of resistance to *Puccinia arachidis* in peanut. Phytopathology 62: 748.
5. Burow, M.D., C. E. Simpson, A.H. Paterson, and L. J. Starr. 1996. Identification of peanut (*Arachis hypogaea* L.) RAPD markers diagnostic of root-knot nematode (*Melioidogyne arenaria* (Neal) Chitwood) resistance. Mol. Breed. 2: 369-379
6. Coffelt, T.A. 1974. Inheritance of growth habit in an intraspecific-cross population of peanut. J. Hered. 65: 160-162
7. Doyle, J.D., J.L. Doyle, and L.H. Bailey. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12: 13-15.
8. Garcia, G.M., H.T. Stalker, and G. Kochert. 1995. Introgression analysis of an interspecific hybrid population in peanuts (*Arachis hypogaea* L.) using RFLP and RAPD markers. Genome 38: 166-176.
9. Halward, T.M., H.T. Stalker, E.A. Larve, and G. Kochert. 1991. Genetic variation detectable with molecular markers among unadapted germplasm resource of cultivated peanut and related wild species. Genome. 34: 1013-1020.
10. Halward, T.M., H.T. Stalker, and G. Kochert. 1993. Development of an RFLP linkage map in diploid peanut species. Theor. Appl. Genet. 87:379-384.
11. Hammons, R. O. 1973. Genetics of *Arachis hypogaea*. Pp.135-174. *In* Peanut: culture and uses. Am. Peanut Res. Edu. Asso. OK. USA.
12. He, G., and G. S. Prakash. 1997. Identification of polymorphic DNA markers in cultivated peanut (*Arachis hypogaea*, L). Euphtica 97: 143-149.
13. Reddy, L.J., A.G.S. Subrahmanyam, D. McDonald, and R.W. Gibbons. 1992. Registration of icgv 87157, an elite peanut germplasm with multiple resistance to diseases. Crop Sci. 32:837.
14. Simposon, C. E., S. C. Nelson, J. L. Starr, K. E. Woodard, and O. D. Smith. 1993. Registration of TXAG-6 and TXAG-7 peanut germplasm lines. Crop Sci. 33: 1418.
15. Singh, A.K., and J.P. Moss. 1984. Utilization of wild relatives in the genetic improvement of *Arachis hypogaea* L. Fertility in triploids: cytological basis and breeding implication. Peanut Sci. 11: 17-21.

Identification of the Inconsistence between Genomic Constitution and Phenotypic Variation in Interspecific Hybrids ($4x \times 2x$) of Peanut with DNA Marker [1]

Huey-Jiuan Huang[2], Shun-Fu Lin[3] and Jaw-Shu Hsieh[4]

Summary

In this study RAPD and SSR markers were used to analyze genomic context of interspecific hybrids (*A. hypogaea* L. × *A. spegazzinii* L.) of peanut. Frequencies and parental origins of DNA polymorphic bands were investigated for the interspecific hybrids ($4x \times 2x$). The results indicated that about 11 bands were PCR amplified from total genomic DNA of peanuts with intra-SSR primers of rice or corn, and about 7 bands were amplified with inter-SSR primers. The averaged polymorphic rates were 45.4% and 45.1% for a pair of intra-SSR primer and an inter-SSR primer, respectively. However, the averaged polymorphic rate for a RAPD primer was 41.3%. The percentages of a (pair of) primer with polymorphic bands between interspecific parents were 34.2, 36.0% and 33.6% for intra-SSR (rice/corn), inter-SSR, and RAPD primers, separately. About twice (66.8%) polymorphic bands were contributed from allotetraploid parent compared to diploid parent (33.2%) providing molecular evidence of genomic context of interspecific hybrids and inconsistence between genomic contribution and phenotypic variation. This information is valuable for genome and gene expression studies as well as the utilization of interspecific hybridization in plant breeding.

Key words : Peanut (*Arachis hypogaea*), Interspecific hybrids, Molecular marker.

---

1. Contribution No.2075 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Assistant Agronomist , Department of Agronomy, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan.
3. Former Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI and currently Assistant Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University (NTU), Taipei, Taiwan.
4. Professor, Department of Agronomy, NTU, Taipei, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 25～32 (2001)

三系雜交種青割玉米農藝性狀與鮮草產量之研究[1]

何千里　謝光照　曹文隆　盧煌勝[2]

摘要：本試驗以四個自交系（Hi28、TA85-58、TX601及TA82-36代號分別為A、B、C及D）、四個單雜交種（TNG1、TNG2、TNG3、TNG351代號分別為 (E×F)、(G×F)、(I×J) 及 (K×L)）及其16個三系雜交種為材料，於1998年春作進行田間試驗。變方分析結果顯示，六項農藝性狀與鮮草產量在參試品系間均呈現顯著或極顯著。三系雜交種青割玉米之公頃鮮草產量與開花期、吐絲期及稈徑相關不顯著，而與株高、穗位高及單株葉面積呈顯著或極顯著正相關，此類性狀可作為選拔高產三系雜交種青割玉米之參考指標。參試材料中之單雜交種與三系雜交種之青割公頃鮮草產量平均值相近且無顯著差異。個別組合進行產量比較，以 (E×F)×D (57,563 kg ha^{-1})、(G×F)×D (53,625 kg ha^{-1}) 及 (I×J) ×D (50,375 kg ha^{-1}) 三個組合最高產，三組合均以自交系D (TA82-36) 為親本雜交所得之三系雜交種組合，且此三個高產組合之雜種潛勢亦呈現超顯性。試驗結果顯示，只要慎選三系雜交種青割玉米親本，將可獲得高產潛力雜交後代，將之納入育種計畫對台灣青割玉米改良應有助益。

關鍵詞：青割玉米、單雜交種、三系雜交種、雜種潛勢。

前　　言

農業上運用雜種優勢以進行增產，玉米是非常成功的作物之一。玉米為典型的異交作物，表現極端的近交弱勢及雜種優勢。在玉米育種上，一方面需避免近交弱勢的發生，另一方面必需充分發揮雜種優勢之潛力。玉米之育種目標又因飼料玉米、青割玉米、甜玉米及食用白玉米等而不一致，因此，選定親本之材料亦不同，然而依親本之材料性質，概可分為自交系、雜交種及族群等三類。雜交種則包括單雜交種、三系雜交種、雙雜交種及其他不同類型之雜交種[1, 5, 6]。美國發展雜交玉米品種過程中，曾因自交系較弱，生產單雜交種子頗不經濟，乃以栽培雙雜交品種為主。爾後，由於育種家不斷的改良自交系，使單雜交種子生產量大為提高。單雜交種品種之株高、穗位高、成熟期等農藝性狀較雙雜交品種整齊一致，能配合機械化栽培，產量亦高。故自1960年起單雜交品種逐漸取代雙雜交品種，目前美國及加拿大單雜交品種栽培面積佔90%，三系雜交種佔10%。三系雜交種之農藝性狀雖不若單雜交品種整齊，但其採種量高，且較能適應不良環境及粗放栽培[19]。國外許多學者曾以未經選拔的一些自交系為親本組成之單雜交種及三系雜交種飼料玉米作籽粒產量比較，試驗結果均顯示兩者間之籽粒產量平均值並無顯著差異，但部份個別組合之產量則呈現顯著差異[11, 18, 22]。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2076號。
2. 本所農藝系助理研究員、副研究員、助理研究員與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

台灣雜交種青割玉米之種類，近年來育成之品種均偏向農藝性狀較整齊之單雜交種爲主[4, 8]，然隨著國際貿易自由化，政府即將加入世界貿易組織 (WTO)，降低玉米生產成本勢在必行，故對環境適應性較廣，能利用較省工粗放栽培方式之三系雜交種青割玉米品種應值得嘗試。本試驗目的即在探討三系雜交種青割玉米之農藝性狀及青割鮮草產量之雜種潛勢表現，同時與單雜交種青割玉米作一初步的比較，以評估三系雜交種青割玉米之可行性。

材料與方法

本試驗以四個自交系、四個單雜交種作爲親本（列如表1）及其雜交而得之16個三系雜交種爲材料，於1998年春在農試所進行試驗，田間採逢機完全區集設計，重複二次，四行區，行長5m，行株距80 × 20cm，公頃肥料用量爲N : P_2O_5 : K_2O = 200 : 90: 60 kg/ha。氮素半量及磷、鉀肥全量作爲基肥一次施用，另外氮肥半量於培土前施用。田間管理依照一般玉米栽培法行之，生育期間調查下列性狀：

表1. 八個參試親本之背景資料

Table 1. Backgrounds of the eight parents evaluated

Code	Inbreds or Hybrids	Pedigree	Origin
A	Hi28	Peru 330 derivative	Hawaill, USA
B	TA85-58	XL678 derivative	TARI, Taiwan
C	TX601	Yellow Tuxpon	Texas, USA
D	TA82-36	H632G derivative	TARI, Taiwan
E × F	TNG1	TA2808-176 × TA3651-377	TARI, Taiwan
G × F	TNG2	SW558 × TA3651-377	TARI, Taiwan
I × J	TNG3	SW646 × UH13	TARI, Taiwan
K × L	TNG351	TA80-2598 × TA80-1410	TARI, Taiwan

一、**開花期** (days to flowering, DTF)：由播種日起至小區中50% 植株達雄穗始花所需之日數。

二、**吐絲期** (days to silking, DTS)：由播種日起至小區中50% 植株達雌穗開始吐絲所需之日數。

三、**株高** (plant height, PH)：爲每小區逢機選取20株，由地表至雄穗主軸頂端的平均高度，以cm表示。

四、**穗位高** (ear height, EH)：爲每小區逢機選取20株，由地表至第一雌穗基部的平均高度，以cm表示。

五、**單株葉面積** (leaf area, LA)：爲每小區逢機選取20株，由頂端往下數第八片葉的長度與寬度的乘積，再乘以0.76及9.27所得的數值之平均數，以cm^2/pt爲單位[8]。

六、**稈徑** (stalk diameter, SD)：爲每小區逢機選取20株，量取地面第一節位中央的平均直徑，以mm表示。

七、**公頃鮮草產量** (fresh weight, FW)：每小區由地表割下，稱其鮮重再換算成公頃鮮草產量，以kg表示。

以上調查資料先進行變方分析及平均值顯著性測驗，同時估算各性狀之雜種潛勢 (potence value, PV) 並以之顯性程度表示之[10]，其計算公式爲：PV = (F_1-MP) / (HP-MP)，F_1爲雜交種，HP爲該性狀值較高之親本，MP爲兩親之平均。

結果與討論

本試驗資料經變方分析結果，可知參試品系間除了開花期性狀達顯著外，其餘六個性狀均達極顯著差異（表2）。表示基因型間具有差異存在。八個親本（四個自交系及四個單雜交種）與16個三系雜交種各項性狀之平均值示如表3，八個親本中Hi28（代號A）、TA85-58（代號B）、TX601（代號C）及TA82-36（代號D）爲自交系；TNG1（代號E × F)、TNG2（代號G × F）、TNG3（代號I × J）及TNG351（代號K × L）爲單雜交種[2, 4, 6, 8]。(E × F) × A ～(K × L) × D等16個組合係以八個親本中之自交系與單雜交種互交而得的三系雜交種。由表3各項性狀平均值顯示，公頃青割鮮草產量單雜交種平均值 (46,250kg ha^{-1}) 與三系雜交種平均值 (45,570kg ha^{-1}) 並無顯著差異，但均極顯著高於自交系之公頃青割鮮草產量平均值 (28,141kg ha^{-1})。若以個別組合進行比較，公頃青割鮮草產量最高之三個組合別爲 (E × F) × D (57,563 kg ha^{-1})、(G × F) × D (53,625 kg ha^{-1}) 及 (I × J) × D (50,375 kg ha^{-1})，其均爲三系雜交種組合，且以單雜交種與親本自交系D (TA82-36) 之三系雜交組合，有較高之公頃青割鮮草產量。Stringfield[18]氏將單雜交種與三系雜交種試驗材料，依四個親本自交系Oh28 、Oh51A 、Ill. Hy及Oh28分類成單雜交種與三系雜交種各四群，試驗結果顯示親本自交系爲Oh40B之三系雜交種此群之平均籽粒產量最高，又因許多學者[7, 10, 21, 23, 24]均指出飼料玉米籽粒產量與青割鮮草產量呈現相當穩定之正相關，故其結果與本試驗相符合。同時亦顯示單雜交種若與適當的自交系組合成三系雜交種，對青割玉米產量的提昇，應具有正面的意義。單雜交種平均開花日數55.3天較自交系平均開花日數57.5天及三系雜交種平均開花日數57.6天較早開花；吐絲期之情形與開花期相似，以單雜交種平均吐絲日數57.0天較自交系平均吐絲日數58.5天及三系雜交種平均吐絲日數59.7天均較早吐絲，唯均未達顯著差異水準，與Stringfield氏[18]之試驗結果相符。單雜交種平均株高229cm與三系雜交種之平均株高228cm相近，與自交系平均株高197cm比較則顯著有較高之株高；單雜交種平均穗位高103cm與三系雜交種平均穗位高105cm則無顯著差異，與自交系平均穗位高80cm比較則顯著有較高之穗位，與株高呈現相同之結果，與Wright等氏[25]將單雜交種及三系雜交種飼料玉米，分置於四個不同地點進行試驗，結果顯示單雜交種與三系雜交種之株高、穗位高、稈徑及籽粒產量等性狀，無論在四個地點總平均值或每個地點單獨平均值均無顯著差異，與本試驗之結果相同。單株葉面積與稈徑兩性狀均以單雜交種 (6,706cm^{2}pt^{-1} 、24.05mm) 最大，其與三系雜交種之單株葉面積 (5,992cm^{2}pt^{-1}) 及稈徑 (22.76mm) 則無顯著差異，但均較自交系之單株葉面積 (3,539cm^{2}pt^{-1}) 及稈徑 (17.78mm) 顯著較大。又由本參試材料所得之變方分析顯著性及LSD數值可推測三系雜交種各項農藝性狀與鮮草產量之變異性與單雜交種之變異性，其差異應不大。

表2. 八個親本及其三系雜交種之變方分析

Table 2. ANOVA of eight parents and their 3-way hybrids

Source of Variation	df	Mean Squares						
		FW^z	DTF	DTS	PH	EH	LA	SD
Block	1	117,513	0.52	0.75	192.0	54.1	207,507	0.47
Entry	23	157,726,548**	8.99*	11.57**	1,374.3**	816.8**	3,151,237**	12.39**
Error	23	9,583,545	1.82	2.35	194.3	98.2	4,372,359	2.26

*,** Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

^{z} FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

表3. 八個親本及其三系雜交種之七項性狀平均值

Table 3. Mean for seven traits of eight parents and their 3-way hybrids

Inbred or hybrid	FW [z](kg ha^{-1})	DTF (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	LA (cm^{2}pt^{-1})	SD (mm)
A	22125	57.5	59.5	174	71	2578	15.65
B	27063	56.5	58.5	183	74	3229	16.95
C	29313	54.5	54.5	203	70	3475	17.90
D	34063	61.5	63.5	228	98	5390	20.90
Inbred mean	28141	57.5	58.5	197	80	3539	17.78
E×F	46250	53.5	55.5	218	100	6993	23.00
G×F	48125	57.0	59.0	228	97	6492	23.50
I×J	46688	57.5	59.0	244	105	6857	24.05
K×L	41750	54.5	56.5	219	107	6827	24.95
Single hybrid mean	46250	55.3	57.0	229	103	6706	24.05
(E×F)×A	44625	55.0	56.5	217	94	6973	21.75
(E×F)×B	37188	57.0	59.0	193	72	5666	20.75
(E×F)×C	41563	55.5	57.5	219	103	6234	25.00
(E×F)×D	57563	57.5	59.5	261	133	6624	22.00
(G×F)×A	43125	55.0	57.0	213	105	5094	24.50
(G×F)×B	39688	57.5	59.5	204	74	6454	21.25
(G×F)×C	47250	57.5	59.5	223	101	5802	21.95
(G×F)×D	53625	61.0	63.5	272	136	6664	24.95
(I×J)×A	45313	55.5	57.0	251	118	6589	24.50
(I×J)×B	45000	58.0	60.0	204	76	5962	20.50
(I×J)×C	48625	58.5	60.5	217	92	5414	21.30
(I×J)×D	50375	59.0	61.0	249	123	6280	23.35
(K×L)×A	29375	60.0	62.0	177	93	3914	20.90
(K×L)×B	46250	56.0	57.0	217	100	6712	22.75
(K×L)×C	50000	59.0	61.0	241	109	6296	23.50
(K×L)×D	48125	60.0	62.5	260	138	5985	23.25
3-way hybrid mean	45570	57.6	59.7	228	105	5995	22.76
Grand mean	42779	57.2	59.0	223	101	5704	22.15
LSD 5%	6405	2.8	3.2	29	21	1368	3.1
LSD 1%	8689	3.8	4.3	39	28	1856	4.2

[z] FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

十六個三系雜交種之雜種潛勢值列於表4，七項性狀中除了少數三系雜交組合之雜種潛勢值呈負值外，其餘大都呈現正值。其中公頃青割鮮草產量之雜種潛勢值超過+1.25，且屬超顯性之範圍的計有(E×F)×D、(G×F)×D、(I×J)×D及 (K×L)×D等四個組合，此表示參試之四個單雜交種親本(E×F)、(G×F)、(I×J) 及 (K×L) 與自交系親本D互交所產生之三系雜交組合均呈現超顯性。

十六個三系雜交種之七項性狀間的相關係數（表5）顯示，公頃青割鮮草產量除與開花期、吐絲期及稈徑之相關不顯著外，但與其他各項農藝性狀均呈現顯著或極顯著正相關。單株葉面積除了與公頃青割鮮草產量呈顯著正相關外，亦與株高及穗位高呈極顯著正相關。稈徑除與株高及穗位高呈顯著

表4. 16個三系雜交種七項性狀之雜種潛勢估值

Table 4. Potence values of seven traits for sixteen 3-way hybrids

3-way Hybrid	FW [z](kg ha^{-1})	DTF (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	LA (cm^2pt^{-1})	SD (mm)
(E×F)×A	0.87	-0.25	-0.50	0.93	0.58	0.99	0.66
(E×F)×B	0.56	1.33	1.33	-0.41	-1.20	0.30	0.56
(E×F)×C	0.45	3.00	5.00	1.13	1.17	0.57	1.78
(E×F)×D	2.85	0.00	0.00	7.95	27.00	0.54	0.45
(G×F)×A	0.62	-9.00	-9.00	0.44	1.68	0.29	1.26
(G×F)×B	0.25	3.00	3.00	-0.06	-1.00	0.98	0.31
(G×F)×C	0.91	1.40	1.22	0.57	1.30	0.54	0.45
(G×F)×D	1.78	0.78	1.00	17.50	7.70	1.31	2.12
(I×J)×A	0.89	-0.73	-9.00	1.19	1.75	0.88	1.11
(I×J)×B	0.84	2.00	5.00	-0.30	-0.90	0.49	0.00
(I×J)×C	1.22	1.67	1.67	-0.33	0.23	0.15	0.11
(I×J)×D	1.58	-0.25	-0.11	1.61	5.67	0.21	0.56
(K×L)×A	-0.26	2.67	2.67	-0.89	0.23	-0.37	0.13
(K×L)×B	1.56	0.50	-0.50	0.86	0.60	0.94	0.45
(K×L)×C	2.33	4.30	5.50	3.61	1.14	0.68	0.59
(K×L)×D	2.66	0.57	0.71	8.65	8.00	-0.17	0.16

[z] FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

表5. 十六個三系雜交種之七項性狀間的相關

Table 5. Correlation cofficients among seven traits of sixteen 3-way hybrids

Traits	FW [z]	DTF	DTS	PH	EH	LA
DTF	0.241					
DTS	0.245	0.986**				
PH	0.771**	0.168	0.193			
EH	0.614**	0.226	0.245	0.884**		
LA	0.414*	-0.308	-0.326	0.482**	0.251	
SD	0.209	-0.239	-0.205	0.522**	0.510**	0.290

*,** Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

[z] FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

正相關外，與其他性狀之相關均不顯著。開花期僅與吐絲期呈極顯著之正相關。此結果與何等氏[3]以單雜交種青割玉米爲材料之試驗結果相同，顯示無論單雜交種或三系雜交種之青割玉米鮮草產量與株高、穗位高及單株葉面積均呈現顯著之正相關。

台灣自推廣單雜交種玉米品種之後，其單位面積產量確已較舊有品種高出許多[4, 8]。爲順應國際貿易自由化，未來應朝產量之突破及降低生產成本的方向發展。有鑑於此，我們必需利用各種雜種模式，以育成更高產及省工之青割玉米品種。本試驗以四個自交系及四個單雜交種爲親本進行互交產生三系雜交組合，以探討三系雜交種青割玉米的可行性。參試之四個單雜交親本，因考慮凡優良新品種一經育成應加速且大量繁殖雜交種子，以爭取時效。欲改善三系雜交種採種時效及經濟問題，故採用均通過命名，並由台灣省種苗改良場已大量繁殖種子且具有一定程度的潛力及適應性之TNG351、

TNG1、TNG2、TNG3等品種爲親本材料，因此採種上能較經濟且迅速的將三系雜交種子轉移至栽培者手中。青割玉米產量不僅是要求籽粒產量單一性狀的表現，而以整株各部位之綜合性狀的表現作爲選拔之依據，Troyer and Hallauer[17]及Yamagchi[26]表示早熟種飼料玉米有較低的籽實產量，但本試驗及何等[3]之試驗中均顯示青割玉米的產量與開花期及吐絲期相關不顯著，此是飼料玉米與青割玉米間材料之差異，抑是試驗環境及參試材料不同所造成，値得進一步探討。Helms and Compton[13]及Yamaguchi[26]認爲具有較高大的植株及較高之穗位，其產量較高。一般而言，株高與葉片數呈顯著正相關，較多的葉片數則單株葉面積較大[3, 15]。玉米供源的大小由單株葉面積及光合作用活性所構成，其中葉片爲最主要之供源器官，葉面積大小能直接影響供源之大小[16, 27]。本試驗之三系雜交種青割玉米品系與何等[3]之單雜交玉米之試驗均呈現具有較高之株高、穗位高及單株葉面積，其公頃青割鮮草產量較高。由表3之平均值得知，單雜交種與三系雜交種之公頃鮮草產量相近，但以個別組合的產量作比較，卻以 (E × F)× D、(G × F)× D及 (I × J)× D等三個組合最高，且均爲與親本自交系D (TA82-36)組合之三系雜交種，同時此三組合亦均有較高之雜種潛勢値。

綜合上述之結果，顯示三系雜交種青割玉米公頃鮮草產量與株高、穗位高及單株葉面積呈顯著或極顯著正相關。參試材料中最高產之 (E × F)× D、(G × F)× D及 (I × J)× D三個組合均以自交系D爲親本，且均呈現超顯性，其中 (E × F)× D顯著高產於現有之單雜交種，故三系雜交種青割玉米之選拔，只要愼選親本，其產量應有改進之空間。

引用文獻

1. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種及硬粒種玉米自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究35: 145-164。
2. 呂宗佳、盧煌勝、劉孔生、謝光照、何千里。1989。單雜交玉米台農1號之育成。中華農業研究38: 1-18。
3. 何千里、謝光照、盧煌勝。1994。玉米莖葉性狀與青割產量之全互交分析。中華農業研究43: 17-28。
4. 何千里、謝光照、盧煌勝。1998。青割玉米台農3號之育成。中華農業研究47: 187-203。
5. 湯文通。1967。作物育種之原理與實施。第116-127頁。國立台灣大學農藝系。中華民國，台灣，台北。
6. 萬雄、呂宗佳、盧煌勝、何千里。1986。單雜交玉米台農三五一號之育成。中華農業研究35: 11-22。
7. 謝光照、何千里、呂宗佳、劉孔生、盧煌勝。1994。青割玉米單雜交種台農2號之育成。中華農業研究43: 354-372。
8. 盧煌勝、何千里、謝光照。1996。不同檢定親及族群對玉米籽粒與青割產量性狀間關係之影響。中華農業研究45: 137-146。
9. 蕭多瓊、劉清。1987。玉米單株葉面積與全株葉面積之簡易估算法。中華農業研究36: 276-282。
10. Allen, M. S., K. A. Oneil, D. G. Maize, and J. Beck. 1991. Relationship among yield and quality traits of corn hybrid for silage. J. Dairy Sci. 74: (suppl. 1) 221.
11. Eberhart, S. A., and A. R. Hallauer. 1968. Genetic effects for yield in single, three-way, and double-cross maize hybrids. Crop sci. 8: 377-379.
12. Griffing, B. 1950. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. Genetics 35: 303-321.
13. Helms, T. C., and W. A. Compton. 1984. Ear height and weight as related to stalk lodging in maize. Crop Sci. 24:923-924.
14. Pinter, L. 1986. Ideal type of forage maize hybrid (*Zea mays* L.). In: Breeding of Silage Maize (O. Dolstra and P. Medema, eds.). pp. 123-150. Pudoc. Wageningen.
15. Rood, S. B., and D. J. Major. 1981. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate, and plant height. Crop. Sci. 21: 867-873.
16. Sprague, G. F., and W. T. Thomas. 1967. Further evidence of epistasis in single and three-way cross yields of maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 7: 355-356.
17. Sprague, G. F., and J. Dudley. 1988. Corn and corn improvement. 3rd ed. Amer. Soc. Agron. Modison, Wisconsin, USA.
18. Stringfield, G. H. 1950. Heterozygosis and hybrid vigor in maize. Agron. J. 42: 145-151.

19. Tollenaar, M., and R. B. Hunter. 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number of maize. Crop Sci. 23: 457-460.

20. Troyer, A. F., and A. R. Hallauer. 1968. Analysis of a diallel set early flint varieties of maize. Crop Sci. 8: 581-584.

21. Vattikonda, M. R., and R. B. Hunter. 1983. Comparison of grain yield and whole-plant silage production of recommended corn hybrids. Can. J. Plant Sci. 63: 601-609.

22. Weatherspoon, J. H. 1970. Comparative yields of single, three-way, and double crosses of maize. Crop. Sci. 10: 157-159.

23. Wolf, D. P., J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Understander, and P. R, Carter. 1993a. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33: 1353-1359.

24. Wolf, D. P., J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Understander, and P. R, Carter. 1993b. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33: 1359-1365.

25. Wright, J. A., A. R. Hallauer, L. H. Penny, and S. A. Eberhart. 1971. Estimating genetic variance in maize by use of single and three-way crosses among unselected inbred lines. Crop. Sci. 11: 690-695.

26. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. II. The growth and yield of tall and short varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20(2): 145-154.

27. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20(3): 287-304.

Studies on the Agronomic Traits and Forage Yield of Three-way Cross Forage Maize Hybrids [1]

Chan-Lee Ho, Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur and Hung-Shung Lu[2]

Summary

Four inbred lines, namely, Hi28 (A), TA85-58 (B), Tx601 (C) and TA82-36 (D), and four single cross hybrids, namely, TNG1 (E × F), TNG2 (G × F), TNG3 (I × J) and TNG351 (K F × L), and their sixteen three-way cross hybrids of forage maize were evaluated for agronomic traits and forage yield in the spring crop of 1998. Results of analysis of variance showed that days to flowering, days to silking, plant height, ear height, leaf area, stalk diameter and forage fresh weight were significantly correlated among these twenty-four genotypes. The forage fresh weight was positively correlated to plant height, ear height and leaf area, but it was not correlated to days to flowering, days to silking and stalk diameter in three-way cross hybrids. The relationships may be used as selection indicators in three-way cross hybrid breeding program. No significant differences were found between forage fresh weight produced from single cross hybrids and three-way cross hybrids. Among three-way cross hybrids, (E × F)× D (57,563 kg ha^{-1}), (G × F)× D (53,625 kg ha^{-1}) and (I × J)× D (50,375 kg ha^{-1}) were the better combinations in terms of forage fresh weight. These three hybrids were all crossed with the inbred line D, and expressed a higher hybrid potence value and an over dominance character. Results suggest that a higher forage production hybrid can be made from three-way cross breeding by selecting parental lines with high-yield potential.

Key words ： Forage maize, Single cross hybrid, Three-way cross hybrid, Potence value.

---

1. Contribution No.2076 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Assistant Agronomist, Associate Agronomy, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 33～39 (2001)

台南白玉米不同自交世代間F_1雜種產量的相關及其組合力之變化[1]

謝光照[2] 曾富生[3]

摘要：以台灣六個不同地區之台南白族群所分離之S_2、S_3、S_4及S_5世代之自交系，其個別世代內之半互交15個F_1，合計60個F_1雜種為材料，探討自交的早期世代與較後世代間F_1雜種產量表現之相關及其遺傳組成分之變化。結果顯示，台南白S_2與S_5世代間之相關呈顯著，而S_3與S_4、S_3與S_5及S_4與S_5世代之F_1雜種間之相關，在生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重呈極顯著，表示在自交系的早期S_2世代，即可進行組合力檢定，淘汰大部份組合力較差之系統，而S_2世代在產量具有較佳之組合力者，其較後自交世代(S_5)之組合力表現與早期世代呈現一致趨勢。不同自交世代間F_1雜種其產量組合力表現的一致，可能與其自交系的一般組合力（累加性基因）有密切關係。

關鍵詞：台南白、玉米、自交系、F_1雜種、產量。

前　言

台灣鮮食用白玉米台南白為一深受消費者喜愛的品種，為從未經改良之天然授粉族群；且族群之變異性極大並可作為適當的育種材料[(13)]。育種時經由自交育成自交系之過程，由自交系外表性狀的表現要直接預測F_1的表現為育種家所關心的問題。Hong *et al.*[(6)]使用玉米自交系10個及其F_1雜種八個為材料，探討自交系及F_1雜種在產量形成過程中，親子間之關係，認為選拔自交系時，應以生育過程中具有較大的乾物重者，其F_1雜種可望得到較高產。Smith[(15)]的研究，認為不論是以有親緣關係或無親緣關係的優良自交系當檢定親，其自交系本身產量的表現與其測交種產量間之相關性極低；而Samanci[(12)]研究自交系與F_1雜種間產量性狀的相關，得知其相關性極低，即表示不能由自交系本身的好壞、產量的高低等來推估F_1雜種之表現，必須由F_1雜種田間的試驗，才能確定其優劣。

自交系組合力的表現，必須經由頂交或測交來加以評估。Richey[(11)]與Payne and Hayes[(10)]等學者則認為在S_1早期世代的檢定，不能作為較後世代組合力之預估。Hallauer and Lopez-Perez[(5)]以未經改良的BSSS族群，利用單粒後裔法 (single seed descent)所培育出之S_1與S_8自交系，進行早期與較後世代測交種之遺傳相關之分析，結果發現隨所使用的檢定親之不同，呈現不穩定現象；顯然S_1世代檢測之結果會因檢定親的差異而不能保證其較後世代 (S_8) 之自交系同樣具有優良的組合力。而Jenkins[(7)]與Sprague[(16)]評估玉米自交系培育過程中，認為自交系組合力的好壞，可在早期世代進行篩選。Jensen *et al.*[(8)]以優良自交系B77當檢定親，進行S_2與S_5測交種外表型之相關分析，發現兩者有密切關係。而Lile and

1行政院農業委員會農業試驗所報告第2077號。
2.本所農藝系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3國立中興大學農藝系教授。臺灣省　臺中市。

Hallauer[9]由BS13(S_2)C_1與BSCB$_1$(R)C_7兩族群分離而來的S_2與S_8自交系，評估早期S_2世代測交種與S_8世代測交種間之相關，發現在籽粒產量相關達極顯著（0.86** 以上），故認爲S_2世代測交組合力檢定可用以推估較後自交世代組合力的好壞。

本研究之目的，(1)在評估台南白不同世代（S_2、S_3、S_4與S_5）自交系其F_1雜種間之產量相關性，以瞭解不同世代自交系組合力之表現；(2)比較不同世代間之自交系其遺傳組成份，瞭解是否隨自交世代之增加，而有所改變。

材料與方法

以台灣6個不同地區台南白族群 (B、D、E、F、G、H)，自交分離至S_2、S_3、S_4、S_5世代之自交系統各取一個[14]，組合成個別世代共四組半互交的15個F_1雜交種共60個爲材料。於1997年秋作，9月3日種植於雲林縣崙背鄉農田。田間排列爲RCBD設計，三重複，單行區，行長6m，行株距爲80 × 30cm。試驗區之公頃三要素肥料量爲N：P_2O_5：K_2O = 200：90：60kg；基肥用量氮素60kg，磷肥90kg及鉀肥60kg/ha。其餘之氮素140kg則於玉米長至齊膝期時當追肥施用。其他田間管理按實際需要進行之。

農藝性狀之調查，包括生理成熟期果穗乾重及籽粒乾重。其調查方法乃每小區取樣5株，經70℃烘乾後，調查其重量，以g/5 plant表示。所得之數據先以SAS, General Linear Models Procedure進行變方分析及平均値顯著性比較；然後個別世代之半互交組合，再以Griffing[7]模式 I，方法四進行一般及特殊組合力效應値之估算；另各世代間之F_1雜種則進行相關係數之分析。

結果與討論

玉米台南白族群在台灣不同地區間或同一地區族群內其農藝性狀存在著極大的變異[17]，爲一豐富的基因庫，且其在台灣一年四季皆可栽培，適應性及抗病蟲性均佳，實爲鮮食用白玉米的良好育種材料。

本試驗利用玉米台南白不同地區族群所選育之不同自交世代之自交系所雜交而來之F_1雜種，調查果穗乾重及籽粒乾重兩性狀，經變方分析之結果，顯示處理間、世代間、世代之雜種間、S_2、S_3、S_4及S_5不同世代內之F_1雜種間均達極顯著差異（表1），表示F_1雜種在世代間及同一世代內均存在極大的差異。6個不同地區自交系在不同自交世代之半互交F_1雜種之果穗乾重及籽粒乾重列如表2。由表2之

表1. 不同自交世代之F_1雜種其產量變方分析之均方值

Table 1. Mean squares in analysis of variance for yields of F_1 hybrids derived from different self-cross generations

Source	DF	Ear dry weight	Grain dry weight
Block	2	23	14
Treatment	59	242**	149**
Generations	3	1102**	780**
Hybrids within generations	56	196**	115**
Hybrids within S_2	14	292**	186**
Hybrids within S_3	14	120**	65**
Hybrids within S_4	14	215**	127**
Hybrids within S_5	14	158**	82**
Error	118	11	9

** Significant at 0.01 probability level.

表2. 不同自交世代及F_1雜種產量之平均數

Table 2. Means for yields of F_1 hybrids and generations obtained from different self-cross generations

Genotypes	Ear dry weight (g/5 plant)				Grain dry weight (g/5 plant)			
	S_2	S_3	S_4	S_5	S_2	S_3	S_4	S_5
B×D	660	658	571	703	586	576	526	621
B×E	676	775	721	828	590	678	638	718
B×F	801	683	626	778	703	600	558	681
B×G	650	811	745	865	546	696	601	711
B×H	770	713	775	851	665	606	661	743
D×E	721	790	788	813	635	683	703	715
D×F	760	600	635	755	649	538	568	676
D×G	846	736	753	823	723	626	643	711
D×H	821	726	728	768	693	635	640	680
E×F	701	765	728	813	605	666	626	718
E×G	936	760	791	958	790	678	656	798
E×H	876	790	848	886	768	725	736	783
F×G	903	760	613	825	763	651	553	688
F×H	710	675	581	730	603	588	503	635
G×H	935	833	765	950	775	738	651	795
Mean	784	738	711	823	673	645	618	711
$LSD_{0.05}$		53^z				50		
		23^y				18		

^{z} and ^{y} are the $LSD_{0.05}$ value of the hybrids and generations, respectively.

世代間F_1雜種之平均值相比較，顯示果穗乾重及籽粒乾重呈現$S_5 > S_2 > S_3 > S_4$趨勢。而不同世代的15個F_1雜種，其果穗乾重及籽粒乾重之表現，則由表中可看出E×G、E×H及G×H等三個組合，在S_2世代之表現最高，同樣在S_5世代時也類似。

由組合力變方分析比較，顯示所調查性狀之GCA及SCA均方在S_2、S_3、S_4、S_5世代均達極顯著差異，表示針對果穗乾重及籽粒乾重來講，不論S_2、S_3、S_4或S_5世代內，均由累加性 (GCA) 及非累加性基因 (SCA) 共同控制，且不同世代間均以累加性均方佔較大比例。果穗乾重及籽粒乾重其GCA / SCA均方比值呈現$S_5 > S_4 > S_3 > S_2$之趨勢，也就是隨著自交世代的增進，其累加性基因之重要性漸增（表3）。上述個別世代之半互交組合進行組合力分析，發現果穗乾重與籽粒乾重之遺傳組成分，呈現自交世代較大者（S_4及S_5），其GCA均方成分所佔比例比S_2及S_3世代大；相對的非累加性的SCA均方成分則降低其比例，此結果與Frascaroli and Landi(3)之試驗相類似，即隨自交世代之增加，其GCA均方之比例呈漸增加之趨勢。

再由親本之GCA效應值加以比較，可看出在S_2、S_3、S_4、S_5世代內，B、D、F三個自交系均呈現負效應值，相對的E、G及H三個則為正值或較小之負值居多，表示不同世代內親本GCA效應的表現趨勢頗為一致（表4）。由不同自交世代間F_1雜種SCA效應估值（表4），可看出不論是果穗乾重或者籽粒乾重在大部分之F_1雜種，其SCA效應之表現在不同自交世代間沒有規則可循。

由六個不同地區族群分離之S_2、S_3、S_4及S_5世代的自交系，其半互交組合而成的15個F_1雜種為材料，進行世代間相關性分析。由相關係數可以看出果穗乾重及籽粒乾重呈現S_2與S_5間之相關呈顯著，而S_3與S_4、S_3與S_5、S_4與S_5間之相關均達極顯著（表5）。顯示台南白自交系的組合力檢定雖然可

表3. 不同自交世代產量組合力變方分析之均方值

Table 3. Mean squares of ANOVA for F_1 hybrid yields combination from different self-cross generations

Source	DF	Ear dry weight	Grain dry weight
S_2GCA	5	15278**	7850**
SCA	9	6658**	5313**
Error	28	479	386
GCA/SCA		2.29	1.48
S_3GCA	5	8002**	3437**
SCA	9	1784**	1511**
Error	28	154	173
GCA/SCA		4.48	2.27
S_4GCA	5	14707**	8695**
SCA	9	3005**	1779**
Error	28	308	252
GCA/SCA		4.89	4.88
S_5GCA	5	12501**	5667**
SCA	9	1263*	1106**
Error	28	438	348
GCA/SCA		9.89	5.12

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表4. 由四個不同自交世代間各世代之全互交組合所估得之一般及特殊組合力估值

Table 4. Estimate values of the general and specific combining ability effects for yields measured in diallel crosses set of 15 F_1 hybrids combination from different self-cross generations

Genotypes	Ear dry weight (g/5 plant)				Grain dry weight (g/5 plant)			
	S_2	S_3	S_4	S_5	S_2	S_3	S_4	S_5
Inbred lines				GCA				
B	-91.4	-12.7	-29.4	-22.5	-68.5	-15.4	-25.8	-20.6
D	-28.4	-45.2	-20.3	-63.3	-19.6	-30.0	-22.1	-38.6
E	-2.7	46.8	80.1	45.8	15.6	37.9	67.9	43.4
F	-11.7	-52.3	-93.2	-53.7	-10.4	-33.8	-70.0	-39.8
G	86.9	52.2	27.6	76.3	58.1	27.9	24.2	36.4
H	47.3	11.4	35.1	17.5	34.8	13.3	25.8	19.3
Hybrids				SCA				
B×D	-5.0	-22.1	-90.1	-34.1	1.6	-23.9	-63.4	-30.9
B×E	-14.0	2.4	-40.5	-18.3	-20.2	9.8	-21.7	-16.2
B×F	119.9	9.9	37.7	31.2	109.1	3.1	36.1	30.3
B×G	-130.0	33.6	35.2	-12.0	-116.0	38.1	5.3	-15.9
B×H	29.3	-23.6	57.7	33.3	25.5	-27.2	43.6	32.8
D×E	-32.1	49.9	16.9	7.5	-24.1	39.4	19.5	-1.7
D×F	15.9	-40.9	36.9	48.7	5.9	-33.9	22.4	43.2
D×G	3.3	-8.8	34.4	-12.9	11.6	-7.2	23.2	1.9
D×H	17.9	22.0	1.9	-9.1	4.9	25.6	-1.7	-12.5
E×F	-68.7	32.0	29.8	-2.0	-63.3	26.5	10.7	2.8
E×G	67.6	-77.5	-27.6	12.9	53.0	-73.5	-33.4	6.6
E×H	47.2	6.7	21.5	0.0	54.7	-2.2	24.9	8.4
F×G	43.3	21.5	-32.6	-20.8	42.4	21.5	1.1	-20.1
F×H	-110.4	-22.5	-71.8	-57.0	-94.1	-17.2	-70.5	-56.3
G×H	15.9	31.1	-9.3	32.9	8.9	21.0	3.6	27.4

表5. 不同自交世代F_1雜種間產量平均值、一般 (GCA) 及特殊組合力 (SCA) 效應值之相關係數

Table 5. Correlation coefficients of mean, general (GCA) and specific combining ability (SCA) of yields among different self-cross generations

Characters	$S_{2/3}$	$S_{2/4}$	$S_{2/5}$	$S_{3/4}$	$S_{3/5}$	$S_{4/5}$
	Correlation coefficients					
Ear dry weight	0.26[z]	0.33	0.61*	0.69**	0.75**	0.76**
	0.58*[y]	0.49	0.46	0.87**	0.98**	0.79**
	-0.28[w]	0.16	0.53	0.13	-0.14	0.68**
Grain dry weight	0.31	0.37	0.60*	0.68**	0.75**	0.79**
	0.68**	0.58*	0.72**	0.94**	0.99**	0.93**
	-0.35	0.37	0.54	0.28	-0.17	0.77**

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

[z], [y] and [w] are the correlation coefficients of F_1 mean, sum of GCA effects of the parents, and SCA, respectively.

在S_2早期世代即進行，但由其相關程度知，應以S_3世代檢定之結果較爲可靠，同時其較後自交世代之組合力也較一致。本試驗之結果，顯示六個不同地區之台南白自交系間其組合力的大小，雖在自交早期 (S_2) 世代即可獲知，但以S_3世代檢定較適宜；同時在S_3世代進行測交組合力檢定之結果與較後世代自交系之組合力的表現一致，與Jensen *et al.*[12]、Lile and Hallauer[13]之結果相符。同樣Bernardo[2, 3]的研究也認爲在自交二次之S_2自交系，進行測交組合力檢定後所選留者，在其自交的較後世代，仍可維持其組合力的表現。但上述學者之報告均未明確指出不同自交世代間其組合力表現的一致性，係由一般組合力或特殊組合力所控制，因此有必要加以探究。

不同自交世代間F_1雜種之一般組合力（其親本自交系的一般組合力效應值之和）的相關係數列如表5，由表可看出在果穗乾重方面，在S_3與S_4、S_3與S_5 S_4與S_5均呈現極顯著相關；而在籽粒乾重方面，則所有自交世代間皆達顯著以上相關，此即表示不同自交世代間F_1雜種籽粒乾重平均值的表現與其不同自交世代間之F_1雜種的一般組合力效應值 (GCA) 的表現是一致的。再分析不同自交世代間F_1雜種籽粒乾重的特殊組合力效應值之相關係數（表5），則顯示在不同世代間，除了S_4與S_5達顯著外，其餘皆無相關存在。由本研究特殊的交配設計可以很明確的獲知台南白籽粒產量在早期自交世代其組合力的大小，在其自交的較後世代中仍可維持其組合力的表現；而且其不同自交世代間平均值的相關性與一般組合力 (GCA) 的相關性有明顯的一致性存在。

綜觀之由平均值的相關係數可以看出籽粒乾重呈現S_2與S_5間之相關達顯著，而S_3與S_4、S_3與S_5、S_4與S_5間之相關均呈極顯著；而自交系之GCA效應值也顯示不同世代自交系其GCA效應之相對大小，在不同世代間呈現穩定的現象，且在不同自交世代間F_1雜種之GCA效應值的相關係數亦均達顯著；但不同自交世代間F_1雜種之SCA效應值，在大部分組合則沒有固定的趨勢存在。因此認爲台南白不同自交世代間之F_1雜種產量具有顯著的相關性，可能與其累加性成分 (GCA) 有密切關係存在。

引用文獻

1. Bernardo, R. 1991. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. Theor. Appl. Genet. 82: 17-21.
2. Bernardo, R. 1992. Retention of genetically superior lines during early-generation testcrossing of maize. Crop Sci. 32: 933-937.
3. Frascaroli, E., and P. Landi. 1994. Physiological traits in maize as affected by recurrent selection for grain yield and by

inbreeding. Maydica 39: 141-147.

4. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.
5. Hallauer, A. R., and E. Lopez-Perez. 1979. Comparison among tester for evaluating lines of corn. Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. 34: 57-75.
6. Hong, M. C., F. S. Thseng and H. Tu. 1983. Relationship between inbred lines and hybrid in yield formation of maize. J. Agric. and Forestry 32(1): 65-72.
7. Jenkins, M. T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generation of selfing. Iowa State Coll. J. Sci. 3: 429-450.
8. Jensen, S. D., W. E. Kuhu and R. L. McConnell. 1983. Combining ability studies in elite U.S. maize gerplasm. Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. 38: 87-96.
9. Lile, S. M., and A. R. Hallauer. 1994. Relation between S_2 and later generation testcrosses of two corn populations. Jour. Iowa Acad. Sci. 101: 19-23.
10. Payne, K. T., and H. K. Hayes. 1949. A comparison of combining ability in F_3 and F_2 lines of corn. Agron. J.41: 383-388.
11. Richey, F. D. 1945. Isolating better foundation inbreds for use in corn hybrids. Genetics 30: 455-471.
12. Samanci, B. 1996. Phenotypic correlations between maize inbreds and their single crosses hybrids in short season areas. Euphytica 89: 291-296.
13. Shieh, G. J., and F. S. Thseng. 1998a. Variation of the agronomic characters of different Tainan-White maize populations in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 47(3): 204-219.
14. Shieh, G. J., and F. S Thseng. 1998b. Development and evaluation of inbred lines derived from Tainan-White maize population. Jour. Agric. Res. China 47(4): 327-337.
15. Smith, O. S. 1986. Covariance between lines *per se* and testcross performance. Crop Sci. 26: 540-543.
16. Sprague, G. F. 1946. Early testing of inbred lines of corn. J. Am. Soc. Agron. 38:1 08-117.

The Combining Ability and Relation on Yield among Different Generations of F_1 Hybrid of Tainan-White Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines [1]

Guang-Jauh Shieh[2] and Fu-Sheng Thseng[3]

Summary

The objective of this study was to determine if the combining ability of inbred lines derived from six Tainan-white (TNW) populations at early generation (S_2) of inbreeding were similar to that at later generations. The selfing lines (S_2 to S_5) were crossed following a half-diallel mating design and produced 15 F_1 hybrids for each generation. A total of 60 hybrids were planted at Lunpei in fall crop season of 1997, to determine the correlation between S_2 and advanced generations in phenotypic expressions, and to compare the combining abilities of inbred lines among different generations. The result showed that the heterotic pattern and combining ability in the early generation (S_2) were similar to that in advanced generations. There existed significant correlations between the hybrids derived from the S_2 and S_5 generation for ear dry weight and grain dry weight in maturity. It indicated that the yield ability of S_5 hybrids could be precisely predicted from that of S_2 hybrids. Thus it suggests that early testing was effective for predicting the combining abilities expressed at later inbreeding generations. It was also that the additive effects (GCA effect) of inbred lines maybe a main contribution to the relationships between the S_2 to S_5 generation hybrids for ear dry weight and grain dry weight.

Key words ： Tainan-white, Maize, Inbred lines, F_1 hybrids, Yield.

1.Contribution No.2077 From Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Associate Agronomist, Department of Agronomy, TARI. Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan.

3. Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 40～58 (2001)

山藥之生產潛力與抗氧化酵素活性之比較[1]

劉新裕[2] 賴瑞聲[2] 林義恭[2] 陳淑芬[2] 羅惠齡[2] 王昭月[3] 高瑞隆[2]

摘要：本研究針對15個山藥品種系之植株及塊莖特性、不同海拔對其塊莖性狀與產量之影響、以及其塊莖內五種抗氧化酵素活性之差異，進行調查、分析、探討與評估，同時爲開發多元化山藥優良品種系，進行四種不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較試驗，所得結果可供選育兼具生產與抗氧化潛力之山藥優良品種系，及供進一步栽培、加工與醫藥利用之參考。由多元化山藥優良品種系之開發結果顯示，中型山藥類中特三品系 (70W06)、特七品系 (70W17)、特11品系 (70W08)、大葉壽豐品系 (70W42)、J07品系 (70W72) 及泰雅品系 (83CM121) 之表現優異；長型山藥類中基隆大葉品系 (70W75)、北投品系 (70W48)、陽明品系 (70W70) 及F155品系 (70W73) 之塊莖產量表現可高達50 t/ha以上；紅肉山藥類中除紫玉血薯品系(70R16)及名間長紅品系 (70R20) 之產量可達40 t/ha以上外，其餘僅埔一品系 (70R01)、松柏長紅品系 (70R22) 及紅毛薯 (83CM302) 之塊莖產量有30 t/ha以上之潛力。由不同海拔試區對山藥塊莖性狀與產量之比較結果可知，六處試區中名間試區之平均產量可達45 t/ha，較羅娜與尖石二試區高達2倍以上；參試山藥中二刺品系（代號70W47）、台農1號 (TNG1)、台農2號 (TNG2)、汕二品系 (70W34)、汕三品系 (70W35) 及中國長品系 (80W02) 等之塊莖產量皆有達40 t/ha以上之記錄。由15個不同山藥塊莖內抗氧化酵素之活性比較結果可知，汕三品系塊莖中PO、PPO、SOD及CAT等抗氧化酵素之活性頗高，汕二品系在PO、PPO及SOD，台農2號在PO、SOD及GR，以及二刺品系在PPO、SOD及CAT等三酵素有較高活性，70W47之SOD活性尤其明顯高過其他參試品種系。綜合比較15個山藥之生產潛力與SOD酵素活性顯示，70W47、70W35、70W34、TNG2及F155品系(70W73)等之表現最優異。

關鍵詞：山藥、植株生育特性、生產、抗氧化、酵素活性。

前　　言

在經濟與貿易自由化的趨勢下，我國農業正處於一轉型期之關鍵階段，爲了因應加入世界貿易組織，可能受到國外相關產業的衝擊，國內之農業生產結構勢須加以調整，或可朝向高價值、精緻化及多元化的方向發展；特用、藥用與保健植物之開發與利用，頗符合此種趨勢。台灣藥用與保健植物總數達二千種以上，其中不乏可資利用之種類，如山藥、高氏柴胡、金線連、山葡萄及麥門冬等。以山藥爲例，若能開發多元化山藥優良品種系，選擇種植高產優質之山藥品種如台農2號等，建立適宜之栽培技術，同時開發多元化粉狀、粒狀、液狀或其他精緻加工產品，應可減低入會衝擊，有助提高農

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2078號。
2.本所農藝系研究員、助理、助理研究員、計畫助理、計畫助理、助理。
3.本所作物種原室助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

民所得。

山藥爲薯蕷科 (Dioscoreaceae) 薯蕷屬 (*Dioscorea*) 多年生蔓性根莖類植物，可供食用、藥用或保健利用，具高產及富含營養之特色。其利用部位爲塊莖（又稱擔根體），有滋養強壯、促進消化及增強免疫之功效[6, 8-10]，爲常用藥食兼用材料。山藥之分佈極廣，遍及熱帶、亞熱帶及其他地區，物種十分繁雜[8, 19, 26, 28, 42, 43, 45]，品系眾多，形態變異與生產力之差異極大，栽培生產方式可因地區或品種而異。在全球眾多山藥種原中，最具生產力的爲 *D. alata* L.、*D. esculenta* (Lour.) Burk.、*D. rotundata* (L.) Poir.、*D. cayenensis* Lam.及 *D. bulbifera* L.等，其他重要之山藥種原如 *D. dumetorum* Pax.、*D. japonica* Thunb.、*D. opposita* Thunb.、*D. pentaphylla* L.及 *D. trifida* L.等。台灣較常見之山藥品種，多源自(1)大薯 (*D. alata*)，又稱田薯，原爲所有山藥中分佈及栽培最廣者，廣泛栽培於非洲、東南亞、中南美洲及部分歐洲；(2)長薯 (*D. batatas*)，又稱家山藥，原產大陸，植株較爲耐寒，常供作藥用；(3)山薯 (*D. japonica*)，又稱日本山藥，原產於日本，現今栽培於大陸、日本及東南亞一帶；(4)條薯 (*D. alata* L. var. *purpurea*)，又稱紫田薯，現栽培於台灣中部一帶；(5)恆春山藥 (*D. doryphora*)，又稱戟葉田薯，原產於台灣恆春半島一帶[28]；(6)基隆山藥 (*D. pseudojaponica*)，原產於台灣北部及西部丘陵地一帶。山藥爲農業試驗所正發展之重點作物之一，多年來本所特用作物研究室即不斷進行山藥種原之引進、繁殖、評估與篩選工作，同時針對優良品系進行觀察、比較、特性調查、區域試驗、品質分析、病蟲害防治、栽培技術提升與多元化產品之開發與利用研究[1, 2, 29-36]。由本所經多年之觀察與比較結果，篩選首批15個品種系，初步證實在台中地區頗具高產、優質及各自植株特色，有關其生長情形、葉片、莖蔓與塊莖之形態、以及在台灣其他地區之產量表現如何，值得深入調查、分析與探討。

生物體內控制蛋白質合成之基因，若受到新陳代謝所產生的自由基 (free radical)，或環境因子如輻射線、大氣污染物質如 NO_2 或 O_3 等、有機化合物、重金屬、有毒物質或病毒等之攻擊，可能會產生突變[10, 37]。自由基對細胞或組織雖有直接且極大的殺傷力，幸而體內具有可以化解或抑制自由基形成的防禦系統，其一爲細胞內具有多種抗氧化酵素群，如超氧歧化酶 (superoxide dismutase)、觸酶 (catalase)、麩胱苷肽還原酶 (glutathione reductase) 等，可有效消除活性氧的活性，使之還原成安定之物質如 H_2O 等；其二爲細胞另含有不少抗氧化物質，可有效抑制自由基之產生與危害，例如生育醇 (tocopherol)、抗壞血酸 (ascorbate)、單寧 (tannin)、生物鹼 (alkaloids)、葉綠素 (chlorophyll)、氨基酸 (amino acids)、胺類 (amines)、麩胱苷肽 (glutathione)、類胡蘿蔔素 (carotenoids)、類黃酮 (flavonoids)、酚酸 (phenolic acids)、多醣體 (polysaccharides) 及其它酚類 (other phenols) 與礦物元素 (minerals) 等[4, 5, 7, 10-18, 20-27, 39-41]，上述抗氧化酵素與抗氧化物質能迅速中斷脂質過氧化連鎖反應，分解並消除已形成的過氧化物及自由基等有害物質，惟此等修護作用會因年齡之增加而衰退。如果能清除過氧化物及自由基等有害物質，或抑制會導致氧活性化的物質的形成，將可使人類更健康，壽命更加延長。山藥經證實確具提升抗氧化酵素活性、增強免疫之能力[26]，惟前述之15個山藥品種系具備多少抗氧化酵素，其活性又如何，值得進行深入分析與比較。

本研究之主旨在針對經篩選之15個山藥品種系之植株及塊莖特性、不同海拔對塊莖性狀與產量之影響，以及塊莖內五種抗氧化酵素活性之差異，進行調查、分析、探討與評估，同時爲開發多元化山藥新優良品種系，將進行四種不同類別山藥之比較試驗，所得結果或可供選育兼具生產與抗氧化潛力之山藥優良品種系，及供進一步栽培、加工與醫藥利用之參考。

材料與方法

一、試驗材料

本所蒐集之薯蕷科薯蕷屬山藥物種，如 *Dioscorea alata* L., *D. alata* L. *var. purpurea* (Roxb.) M. Pouch., *D. batatas* Decne., *D. japonica* Thunb., *D. japonica* Thunb. *var. pseudojaponica* (Hay.) Yamam., *D.*

doryphora Hance等約160品種系，經由多年之觀察與比較，由其中篩選15品種系，供進行植株生育與健康狀態之調查與比較、不同海拔地區對塊莖性狀與產量之影響、以及塊莖內抗氧化酵素活性之測定與比較之試驗材料，其中文名稱與學名如下：1. 台農1號 (*D. alata*)、2. 台農2號 (*D. alata*)、3. 汕二品系 (*D. alata*)、4. 汕三品系 (*D. alata*)、5. 台東品系 (*D. alata*)、6. 中國長品系 (*D. alata*)、7. 二刺品系 (*D. alata*)、8. 大葉壽豐 (*D. alata*)、9. F155品系 (*D. spp.*)、10. 陽明品系 (*D. spp.*)、11. 大淮品系 (*D. batatas*)、12. 恆春山藥 (*D. doryphora*)、13. 青森品系 (*D. japonica*)、14. 紫玉血薯品系 (*D. purpurea*) 及15. 名間長紅品系 (*D. purpurea*)。此外，為開發多元化山藥新優良品種系，另將進行四種不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較，試驗材料除前述之品種系外，另增加如下：特三品系 (*D. alata*)、特七品系 (*D. alata*)、特11品系 (*D. alata*)、J07品系 (*D. alata*)、花壽品系 (*D. alata*)、泰雅品系 (*D. alata*)、基隆大葉品系 (*D. alata*)、北投品系 (*D. alata*)、屏地品系 (*D. batatas*)、自然品系 (*D. japonica*)、茨城品系 (*D. japonica*) 及自然品系 (*D. japonica*) 等試驗材料。

二、試驗方法與步驟

(一) 山藥不同品種系之植株生育特性、不同海拔之適應性與生產潛力之比較：

於1999年在台中本所農場進行15種山藥不同品種系之植株生育特性、健康狀態之調查與比較；1998年在台灣六處不同海拔地區，進行山藥塊莖性狀與產量之比較，試驗項目如下：(1)於台中本所農場（平地）進行山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較[34]，(2)於南投縣名間鄉（平地）進行山藥7品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)於南投縣南投市（平地）進行山藥6品種系塊莖性狀與產量之比較，(4)於南投縣信義鄉羅娜村（海拔850m）進行5種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，(5)於新竹縣尖石鄉（海拔500m）進行7種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，及(6)於新竹縣關西鎮（海拔200m）進行山藥5品種系塊莖性狀與產量之比較。

山藥之種植方式除台農一號、黃藥品系採用高畦種植外，其餘皆為塑膠穴管誘導法，半圓形之塑膠穴管長100cm，周長20cm，以繩綁緊使上方開口約3cm寬，其內先裝填栽培介質，配方為牛糞肥：蔗渣＝1 : 2，再於與地表僅有10°~15°斜度之穴管前端，約距穴管頂端5cm處種植薯塊，種後覆土。種植行株距為140 × 30cm，即每公頃約23,800株，行長4m。種植後之田間管理悉依本所建議方式進行。試驗設計為RCBD，三重複。植株生育與健康狀態之調查與比較項目為：植株生長勢、零餘子之有無、開花與否、（配合植病研究人員進行調查）毒素病、病害、蟲害及紅蜘蛛之危害[31, 32]、分蘗數、莖徑、節間長、蔓之左右旋、莖色、莖刺之有無、莖形、稜翼之有無、葉柄長、葉脈數、葉序、葉色、葉緣、葉基、葉柄色、單株塊莖收量、最大粒重、塊莖之粒數、長度、寬度、厚度及塊莖公頃產量等。不同海拔地區對山藥塊莖性狀與產量之影響試驗之調查項目為：單株塊莖收量、最大粒重、塊莖之粒數、長度、寬度、厚度及塊莖公頃產量等。調查株數為每品種系隨機取樣10株，重複3次，以平均值表之，並以LSD法比較其差異之顯著性。

(二) 不同類別多元化山藥新優良品種系之開發：

1999年在台中本所農場進行四項不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較試驗：(1)中型山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較，(2)長型山藥8品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)圓莖山藥8品種系塊莖性狀與產量之比較，及(4)紅肉山藥10品種系塊莖性狀與產量之比較。種植方式、半圓形穴管、栽培介質、薯塊種植與田間管理方法等，悉如前項。種植行株距為140 × 30cm，即每公頃約23,800株，行長4m，試驗設計為RCBD，三重複。調查項目為單株塊莖收量、最大粒重、塊莖之粒數、長度、寬度、厚度及塊莖公頃產量等。調查株數為每品種系隨機取樣10株，重複3次，以平均值表之，並以LSD法比較其差異之顯著性。

(三) 山藥塊莖抗氧化酵素活性之分析與比較[3, 5, 16, 17, 21, 22, 27, 38, 44]：

1. 過氧化酶 (peroxidase; PO) 活性之測定：

取0.5g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入0.1M磷酸鹽緩衝液 (1.5 ml, pH = 7.0)，在2℃下以12,000g離心20min，取0.5ml上清液，加入2ml含有3.6×10^{-3}M guaiacol緩衝液（0.04ml guaiacol原液+100ml 0.1M磷酸鹽緩衝液，pH = 6.0）及0.2ml 13.5mM H_2O_2，混合均勻後，以分光光度計在470 nm波長下，測反應初期吸收度之變化 (Δ OD / min)。

2. 多酚氧化酶 (polyphenol oxidase; PPO) 活性之測定：

取0.5g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入0.1M磷酸鹽緩衝液1.5ml (pH = 7.0)，在2℃下以12,000g離心20min，取0.2ml上清液，加入0.1M磷酸鹽緩衝液2ml (pH = 8.0) 與0.2ml Catechol (0.5M)，迅速混合後，以分光光度計在420nm波長下，測反應初期吸收度之變化 (Δ OD / min)。

3. 超氧歧化酶 (superoxide dismutase; SOD) 活性之測定：

取0.1g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入1.5ml磷酸鹽緩衝液 (50mM, pH=7.4)，在4℃下以15,000g離心3分鐘後，取0.2ml上清液加入1.6ml Tea-Dea buffer (triethanolamine-diethanolamine, 100mM, pH = 7.4)，0.08ml NADH reduced form (nicotinamide adenine dinucleotide, 7.5mM)，0.05ml EDTA / $MnCl_2$ (100mM / 50mM, pH = 7.0)，與1ml β-mercaptoethanol (10mM)。依序加入並混合均勻後，以分光光度計在波長340nm下，連續記錄10分鐘內吸光值之變化。空白試驗：空的石英管歸零，以不含酵素抽取液者爲酵素活性計算之基準值（起始OD）。

4. 觸酶 (catalase; CAT) 活性之測定：

取0.1g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入1.5ml磷酸鹽緩衝液 (50mM, pH = 7.4)，在4℃下以15,000g離心3分鐘後，取0.2ml上清液加入0.1ml過氧化氫 (1M)，2.7ml磷酸鹽緩衝液 (100 mM, pH = 7.0)，混合均勻後，以分光光度計在波長240nm下，測定1分鐘內吸光值之變化。空白試驗是以0.2ml之磷酸鹽緩衝液50mM (pH = 6.8) 代替萃取液，酵素活性是以每克鮮重樣品中所具有的單位活性來表示，每單位活性 (Unit) 表示每分鐘消耗1μmole之H_2O_2。

5. 麩胱苷肽還原酶 (glutathione reductase; GR) 活性之測定：

取0.1g山藥塊莖樣品，以液態氮研磨成粉末後，加入1.5ml磷酸鹽緩衝液 (50mM, pH = 7.4)，在4℃下以15,000g離心3分鐘後，取0.2ml上清液加入1ml Tris-HCl buffer (trizma hydrochloride, 150 mM, pH = 7.5)，1 ml NADPH reduced form (nicotinamide adenine dinuclecotide phosphate, 0.45mM)，0.5ml GSSG (oxidized glutathione, 3mM) 與0.3ml $MgCl_2$ (30ml)，於石英管中依序加入並混合均勻後，以分光光度計在波長340nm下，測定1分鐘內吸光值之變化。空白試驗爲不加酵素萃取液，僅含上述5藥劑。每單位酵素活性 (Unit) 是以NADPH的消耗量來計算，以每分鐘Δ OD的變化爲1表示之。

結　果

一、山藥品種系之植株生育特性、不同海拔試區之適應性與生產潛力之比較

(一) 山藥植株生育特性之比較：

由本所現有160種山藥品種系所篩選首批15種優良品種系，其來源與學名如表1所列，其中之F155品系 (*D. spp.*) 及陽明品系 (*D. spp.*) 之葉形似*D. alata*，但莖形則似*D. batatas*，除此之外，大多具備高產、優質及各自植株特色，有關其生長情形、莖蔓與葉片之形態，以及塊莖之外形、顏色與產量等之差異很大，敘述如下：

1. 在植株生育性狀與健康狀態方面：台農1號、台農2號、汕二品系、汕三品系、台東品系、中國長品系、陽明品系、紫玉血薯品系及名間長紅等9品種系，在種植三個月後之生長勢十分旺盛，相較之下，大淮品系則屬纖弱。15種優良品種系除中國長品系外，在本所農場未見有零餘子，除恆春品系外，都不開花，恆春品系之開花以雄花爲主。在抗毒素病方面，除台農2號、汕二品系及F155品系屬中等外，其餘皆未見毒素病入侵現象；在病害方面，除二刺品系、F155品系、大淮品系、紫玉血

表1. 參試15種山藥品種系植物特性簡介

Table 1. Introduction of botanical characteristics of 15 *Dioscorea spp.*

No.	Var. & Lines	Chinese name	Tuber length	Flesh colour	Origin	Scientific name
1	TNG1	台農1號	short	white	Trinidad	*Dioscorea alata*
2	TNG2	台農2號	middle	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
3	70W34	汕二品系	middle	white	China	*Dioscorea alata*
4	70W35	汕三品系	middle	white	China	*Dioscorea alata*
5	70W03	台東品系	middle	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
6	80W02	中國長品系	long	white	China	*Dioscorea alata*
7	70W47	二刺品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
8	70W42	大葉壽豐	long	white	Taiwan	*Dioscorea alata*
9	70W73	F155品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea spp*
10	70W70	陽明品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea spp*
11	70W59	大淮品系	long	white	China	*Dioscorea batatas*
12	70W20	恆春品系	long	white	Taiwan	*Dioscorea doryphora*
13	70W49	青森品系	long	white	Japan	*Dioscorea japonica*
14	70R16	紫玉血薯	middle	red	Taiwan	*Dioscorea purpurea*
15	70R20	名間長紅	middle	red	Taiwan	*Dioscorea purpurea*

薯品系及名間長紅品系屬中等外，其餘皆未見真菌性或細菌性病害之侵害；在蟲害方面，除大葉壽豐品系較易遭致蟲害外，其餘皆屬中等或未見蟲害發生現象；此外，15品種系在種植後三個月皆未發生紅蜘蛛之危害現象（表2）。

表2. 不同山藥植株生育特性之比較

Table 2. Comparison on the plant growth characteristics among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Chinese name	Var. & Lines	Growing	Bulbil	Blooming	Virus	Diseases	Pests	Red spider mite
1	台農1號	TNG1	vigorous	no	no	R	R	R	R
2	台農2號	TNG2	vigorous	no	no	M	R	M	R
3	汕二品系	70W34	vigorous	no	no	M	R	R	R
4	汕三品系	70W35	vigorous	no	no	R	R	R	R
5	台東品系	70W03	vigorous	no	no	R	R	M	R
6	中國長品系	80W02	vigorous	yes	no	R	R	R	R
7	二刺品系	70W47	common	no	no	R	M	R	R
8	大葉壽豐品系	70W42	common	no	no	R	R	S	R
9	F155品系	70W73	common	no	no	M	M	R	R
10	陽明品系	70W70	vigorous	no	no	R	R	R	R
11	大淮品系	70W59	weak	no	no	R	M	R	R
12	恆春品系	70W20	common	no	male	R	R	R	R
13	青森品系	70W49	common	no	no	R	R	R	R
14	紫玉血薯品系	70R16	vigorous	no	no	R	M	M	R
15	名間長紅品系	70R20	vigorous	no	no	R	M	M	R

R: resistant; M: medium; S: susceptible.

2. 在植株莖蔓性狀之比較方面：植株分蘗數在4以上者爲台農1號、台農2號、台東品系、二刺品系、F155品系及名間長紅品系，分蘗數爲1~2者爲青森品系、汕三品系、大淮品系及恆春品系。莖徑在6mm以上者爲台農1號及汕二品系，莖徑在3mm以下者僅青森品系之2.8mm而已。節間長在20cm

以上者爲名間長紅品系之27.9cm，在10~20cm者爲台農1號、台東品系、二刺品系、F155品系及陽明品系，節間最短者爲大淮品系之3.7cm。在莖蔓之旋轉性方面，除大葉壽豐品系爲右旋外，其餘皆屬左旋性。除了大淮品系及恆春品系之莖色爲紫色，以及青森品系爲紫中帶綠外，其餘之莖色皆爲綠色。在莖刺之有無方面，除F155品系屬莖基部及先端皆有刺，以及陽明品系屬莖先端有刺外，其餘皆無莖刺。在莖之形狀方面，除F155品系、陽明品系、大淮品系、恆春品系及青森品系爲圓莖外，其餘皆屬方莖，惟陽明品系之莖頂部偶爲方莖。15品種系中除F155品系、陽明品系、大淮品系、恆春品系及青森品系外，其餘之莖部皆帶綠色或紫色或綠色紫邊之稜翼，翼寬介於1~3mm（表3）。

表3. 不同山藥莖蔓性狀之比較

Table 3. Comparison on vine characteristics among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Chinese name	Var. & Lines	Tiller (No.)	Vine diam.(cm)	Internode (cm)	Vine twining	Vine color	Vine thorn	Vine shape	Membranous wings (color & width)
1	台農1號	TNG1	5.2	6.15	16.04	left	green	no	square	Green,1mm
2	台農2號	TNG2	6.0	4.81	7.05	left	green	no	square	Purple,1mm
3	汕二品系	70W34	3.0	6.27	7.02	left	green	no	square	Purple,1mm
4	汕三品系	70W35	2.0	5.00	4.33	left	green	no	square	Purple,1mm
5	台東品系	70W03	7.0	3.56	11.08	left	green	no	square	Green,3mm
6	中國長品系	80W02	2.5	4.47	4.77	left	green	no	square	Green,1mm
7	二刺品系	70W47	4.5	5.72	11.00	left	green	no	square	Green,2mm
8	大葉壽豐品系	70W42	3.5	5.40	4.78	right	green	no	square	Green,1mm
9	F155品系	70W73	4.0	5.89	10.33	left	green	yes	circle	no
10	陽明品系	70W70	2.5	4.77	10.77	left	green	yes	circle	no
11	大淮品系	70W59	2.0	3.19	3.73	left	purple	no	circle	no
12	恆春品系	70W20	2.0	3.80	6.20	left	purple	no	circle	no
13	青森品系	70W49	1.0	2.75	5.37	left	purple green	no	circle	no
14	紫玉血薯品系	70R16	3.0	5.29	5.78	left	green	no	square	Green,2mm
15	名間長紅品系	70R20	4.5	4.38	27.92	left	green	no	square	Green,1mm

3. 在葉片性狀之比較方面：葉柄長度在10cm以上者爲二刺品系之10.8cm，而在5cm以下者爲大淮品系、恆春品系及青森品系。15品種系之主脈數皆爲7。在葉序方面，除台東品系及青森品系爲對生外，其餘皆爲基部互生而先端對生。在葉色方面則或爲深綠色或爲淺綠色，葉緣之色澤除大淮品系、恆春品系、青森品系、紫玉血薯品系及名間長紅品系爲紫色外，其餘皆屬綠色。在葉基之形狀方面，除大淮品系、恆春品系及青森品系爲三角狀戟形，台農1號、台農2號、汕三品系、陽明品系及名間長紅品系爲長心形外，其餘或爲長箭鏃形或爲寬箭鏃形。在葉柄之顏色方面，15品種系皆爲綠色或紫中帶綠，而葉柄之先端或兩端有的帶紫色（表4）。
4. 在塊莖性狀之比較方面：

方莖稜翼白肉類之山藥大致上屬於*D. alata*物種，在15品種系中共有8品種系屬之，其塊莖性狀如下：台農1號之塊莖爲圓形或橢圓形，褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha[31, 34]。台農2號之塊莖屬中或長柱形，淺褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40-60 t/ha[32-34]。汕二品系之塊莖屬中或長柱形，深褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40-60 t/ha。汕三品系之塊莖屬中或長柱形，深褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40-60 t/ha。台東品系之塊莖屬中柱形，褐皮白肉，具

表4. 不同山藥葉片性狀之比較

Table 4. Comparison on the leaf characteristics among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Chinese name	Var. & Lines	Petiole length(cm)	Petiole color	Venation (No.)	Leaf growing form	Leaf blade color	Leaf border color	Leaf shape
1	台農1號	TNG1	8.96	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Long cordate
2	台農2號	TNG2	7.55	green	7	Opposite &alternate	green	green	Long cordate
3	汕二品系	70W34	7.30	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Sagittate
4	汕三品系	70W35	8.02	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Long cordate
5	台東品系	70W03	9.87	green	7	Opposite	green	green	Sagittate
6	中國長品系	80W02	5.97	green mostly	7	Opposite &alternate	green	green	Sagittate
7	二刺品系	70W47	10.83	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Sagittate
8	大葉壽豐品系	70W42	8.98	green	7	Opposite &alternate	green	green	Sagittate
9	F155品系	70W73	8.08	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Sagittate
10	陽明品系	70W70	7.78	green	7	Opposite &alternate	dark green	green	Long cordate
11	大淮品系	70W59	3.45	green mostly	7	Opposite &alternate	dark green	purple	Three cornerd
12	恆春品系	70W20	4.22	green mostly	7	Opposite &alternate	green	purple	Three cornerd
13	青森品系	70W49	3.10	green mostly	7	Opposite	dark green	purple	Three cornerd
14	紫玉血薯品系	70R16	9.08	green & red	7	Opposite &alternate	dark green	purple	Long cordate
15	名間長紅品系	70R20	8.05	green & red	7	Opposite &alternate	green	purple	Long cordate

很高的生產能力，產量可達40 t/ha。中國長品系之塊莖屬長柱形，紅皮白肉，具頗高的生產能力，產量可達30-40 t/ha。二刺品系之塊莖屬長柱形，褐皮白肉，具頗高的生產能力，產量可達30-40 t/ha。大葉壽豐品系之塊莖屬長柱形，褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha(34)。

圓莖白肉類之山藥有5品系參試如下：F155品系之塊莖屬長柱形，淺褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha(34)。陽明品系之塊莖屬長柱形，褐皮白肉，具很高的生產能力，產量可達40 t/ha。大淮品系之塊莖屬細長柱形，淺褐皮白肉，具開發潛力，產量約達20 t/ha。恆春品系之塊莖細長柱形，淡褐皮白肉，具開發潛力，產量約達20 t/ha。青森品系之塊莖細長柱形，淡褐皮白肉，具開發潛力，產量約達20 t/ha(34)。

紅肉類之山藥共有2品系參試如下：紫玉血薯品系之塊莖屬中柱形，紫紅皮紫肉，產量可達30 t/ha。名間長紅品系之塊莖屬中柱形，紅皮紫肉，產量可達30 t/ha(34)。

(二)不同海拔試區對山藥塊莖性狀與產量之影響：

於1998年在台灣6處不同海拔地區，進行多種山藥塊莖性狀與產量之比較試驗，簡介如下：(1)於台中本所農場（海拔85m）進行山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較，(2)於南投縣名間鄉(屬平地)進行山藥7品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)於南投縣南投市（屬平地）進行山藥6品種系塊莖性狀與產量之比較，(4)於南投縣信義鄉羅娜村 (850m) 進行5種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，(5)於新竹縣尖石鄉 (500m) 進行7種山藥品種系塊莖性狀與產量之比較，及(6)於新竹縣關西鎮 (150m) 進行山藥5品種系塊莖性狀與產量之比較。除第(1)項於台中本所農場進行之試驗結果已發表外(34)，其餘(2)~(6)項之結果列於表5、6、7、8及表9。

由表5之結果可知，南投縣名間鄉7種山藥之單株塊莖平均收量爲1,867g，收量在2,000g以上者爲TNG1（台農1號）及70W47（二刺品系），其次爲70W34（汕二品系）、70W35（汕三品系）、80W02（中國長品系)及TNG2（台農2號），最小者爲70R20（名間長紅品系）之1,380g。單株薯塊數目最多者爲TNG1之3.5粒，其次爲TNG2之1.3粒，其餘品系都是1.0粒。參試品種系塊莖之平均長度爲44.7cm，最長的爲70W47之101.6cm，其次爲80W02之49.0cm、70W35之45.0cm、70W34之

表5. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（名間）

Table 5. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 7 different varieties and lines at Ming-Gieng area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W34	1.0 b[z]	1,855 ab	43.0 bc	8.5 a	65.92 abc	1,855 ab	44.15 ab
2	70W35	1.0 b	1,668 ab	45.0 b	7.4 a	66.28 abc	1,668 ab	39.70 ab
3	70W47	1.0 b	2,758 a	101.6 a	7.2 a	56.39 bc	2,758 a	65.64 a
4	80W02	1.0 b	1,675 ab	49.0 ab	8.9 a	51.03 c	1,675 ab	39.87 ab
5	70R20	1.0 b	1,380 b	25.0 d	9.2 a	64.33 abc	1,380 b	32.84 b
6	TNG1	3.5 a	2,050 ab	20.4 d	8.5 a	75.29 a	1,018 b	48.79 ab
7	TNG2	1.3 b	1,683 ab	30.2 cd	9.5 a	67.79 ab	1,569 b	40.06 ab

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

43.0cm及，最短的爲70R20之25.0cm，及TNG1之20.4cm。塊莖之平均寬度爲8.5cm，最寬的爲TNG2之9.5cm，最窄的爲70W47之7.2cm。塊莖之平均厚度爲63.9mm，最厚的爲TNG1之75.3 mm，較薄的爲80W02之51.0mm。在參試之中型山藥品種系中，最大單粒塊莖之平均收量爲1,703g，70W47則高達2,758g，其餘品系介於1,018~1,855g。在塊莖公頃產量方面，7種山藥參試品種系之平均公頃產量爲44.5 t/ha，其中70W47之公頃產量高達65.6 t/ha，另有3品系之產量高於40 t/ha，有3品系之塊莖公頃產量高於32 t/ha，台農1號之公頃產量 (48.8 t/ha) 高於台農2號 (40.1 t/ha) 及中國長品系 (39.9 t/ha)，但差異不顯著（表5）。

由表6之結果可知，南投縣南投市6種山藥之單株塊莖收量平均量爲977g，不同品種系間之差異極爲顯著 ($p < 0.01$)，收量較高者爲80W02（中國長品系）之1,986g，及70W47（二刺品系）之1,661g，其次爲70R16（紫玉血薯品系）之1,120g，最小者爲70W49（青森品系）、70W59（大淮品系）及TNG2，此3品種系單株塊莖之收量介於234~484g。單株薯塊數目最多者爲70W47之2.3粒，其次爲80W02之1.7粒，及TNG2之1.3粒。塊莖之平均長度爲45.9 cm，最長的爲80W02、70W47、70W59及70W49，長度介於47~57 cm，其次爲70R16之38.6cm，最短的爲TNG2之25.3cm。塊莖之平均寬度爲5.2cm，最寬的爲70R16之7.3cm，最窄的爲70W59之2.5cm。塊莖之平均厚度爲42.3mm，最厚的爲70R16、80W02及TNG2，厚度在52mm以上，最薄的爲70W59之23.1mm。參試山藥最大單粒塊莖之平均收量爲782g，80W02達1,533g，其餘品系介於231~1,105g。在塊莖公頃產量方面，6種山藥參試品種系之平均公頃產量爲23.3 t/ha，其中80W02之公頃產量高達47.3 t/ha，其次爲70W47之39.5 t/ha，有3品系之塊莖公頃產量低於12 t/ha，其中台農2號之產量爲11.5 t/ha（表6）。

表6. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（南投）

Table 6. Effects of different elevations on the tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 6 different varieties and lines at Nan-Tou area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W47	2.3 a[z]	1,661 ab	53.9 a	5.1 bc	41.84 ab	979 abc	39.53 ab
2	70W49	1.0 b	377 c	47.0 a	4.0 cd	30.84 bc	377 cd	8.97 c
3	70W59	1.1 b	234 c	54.1 a	2.5 d	23.14 c	231 d	5.57 c
4	80W02	1.7 ab	1,986 a	56.7 a	6.9 ab	52.26 a	1,533 a	47.27 a
5	70R16	1.1 b	1,120 b	38.6 ab	7.3 a	53.32 a	1,105 ab	26.66 b
6	TNG2	1.3 b	484 c	25.3 b	5.5 abc	52.15 a	469 bcd	11.52 c

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表7之結果可知，南投縣信義鄉羅娜村5種山藥之單株塊莖平均收量爲797g，不同品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)，收量較高者爲70R16（紫玉血薯品系）之1,058g，及70W47（二刺品系）之1,002g，收量最小者爲80W02（中國長品系）、TNG1及TNG2，三品種系單株塊莖收量介於596~691g。單株薯塊數目最多者爲70R16之3.1粒，其次爲80W02之及TNG1之2.7粒。塊莖之平均長度爲32.1cm，最長的爲70W47之63.3cm，其餘之長度顯著短小，介於13~29cm。塊莖之平均寬度爲5.4cm，最寬的爲70R16及TNG1之6cm左右，其餘之寬度介於4.6~4.8cm。塊莖之平均厚度爲45.5 mm，最厚的爲TNG1之63mm，其餘之厚度介於39~43mm。參試山藥最大單粒塊莖之平均收量爲596g，70W47可達982g，其次爲70R16之690g，其餘品系介於376~476g。在塊莖公頃產量方面，5種參試品種系之平均公頃產量爲19.0 t/ha，其中70R16之產量可達25.2 t/ha，其次爲70W47之23.9 t/ha，其餘3品系之產量介於14~17 t/ha，其中台農2號爲16.5 t/ha，中國長品系爲14.2 t/ha（表7）。

表7. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（羅娜）

Table 7. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 5 different varieties and lines at Lo-Na area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	Tuber wt. (g)	Tuber length(cm)	Tuber width (cm)	Tuber thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W47	1.2 b[z]	1,002 ab	63.3 a	4.6 b	42.16 b	982 a	23.85 ab
2	80W02	2.7 a	596 c	21.4 b	4.8 b	39.86 b	376 c	14.18 c
3	70R16	3.1 a	1,058 a	33.7 b	6.2 a	42.40 b	690 b	25.18 a
4	TNG 1	2.7 a	638 c	13.8 b	6.9 a	63.01 a	455 bc	15.18 c
5	TNG 2	2.1 ab	691 bc	28.4 b	4.7 b	40.03 b	476 bc	16.45 bc

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表8之結果可知，新竹縣尖石鄉7種山藥之單株塊莖平均收量爲742g，不同品種系間之差異極爲顯著 ($p < 0.01$)，收量較高者爲80W02（中國長品系）及TNG1，可達1,100g以上，其次爲TNG2、70R16（紫玉血薯品系）及70W47（二刺品系），收量最小者爲70W51（恆春品系）之143g。單株薯塊數目最多者爲80W02及TNG1之2.2粒，70R16爲1.9粒，其餘品種系皆爲1粒。塊莖之平均長度爲44.9cm，最長的爲70W70（陽明品系）之85.7cm，其餘之長度介於18~61cm。塊莖之平均寬度爲5.5 cm，最寬的爲TNG1之10.1cm，其餘之寬度介於2~7cm。塊莖之平均厚度爲41.8mm，最厚的爲TNG1之78.5mm，其餘之厚度介於16~51mm。參試山藥最大單粒塊莖之最大收量爲80W02之983g，及TNG1之962g，其餘品系介於143~808g。在塊莖公頃產量方面，7種山藥參試品種系之平均公頃產量爲17.8 t/ha，其中TNG1之產量可達31.9 t/ha，其次爲80W02之27.3 t/ha，其餘品系之公頃產量低於20 t/ha，台農2號之產量爲19.2 t/ha，而70W51只有3.4 t/ha（表8）。

由表9之結果可知，新竹縣關西鎮5種山藥之單株塊莖平均收量爲1,043g，不同品種系間之差異極爲顯著 ($p < 0.01$)，收量較高者爲80W02（中國長品系）之2,154g，及TNG2及70R20（名間長紅品系）約爲1,000g，其次爲70R16（紫玉血薯品系）之596g，收量最小者爲70W47（二刺品系）之397 g。單株薯塊數目最多者爲80W02之3.6粒，其餘品種系介於1.0~2.3粒。塊莖之平均長度爲30.3cm，最長的爲80W02之43cm，其餘之長度介於21~32cm。塊莖之平均寬度爲5.9cm，最寬的爲TNG2之7.3cm，其餘之寬度介於4.0~6.0cm。塊莖之平均厚度爲51.4mm，最厚的爲TNG2之60.6mm及70R16之58.7mm，其餘之厚度介於37~53mm。參試山藥單粒塊莖之最大收量爲80W02之1,039g，及TNG2之931g，其餘品系介於397~729g。在塊莖公頃產量方面，5種山藥參試品種系之平均公頃產量爲24.8 t/ha，其中80W02之公頃產量高達51.3 t/ha，其次爲70R20及TNG2之24 t/ha左右，70R16之公頃產量

表8. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（尖石）

Table 8. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.*among 7 different varieties and lines at Gieng-Sie area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W47	1.0 a [z]	660 b	48.3 bc	4.3 d	33.88 de	660 abc	15.71 b
2	70W51	1.0 a	143 c	60.3 b	2.0 e	16.61 f	143 d	3.40 c
3	70W70	1.0 a	414 bc	85.7 a	3.1 e	25.37 ef	414 cd	9.85 bc
4	80W02	2.2 a	1,148 a	46.4 e	5.6 c	48.19 bc	983 a	27.32 a
5	70R16	1.9 a	730 b	26.2 d	6.3 bc	39.10 cd	580 bc	17.37 b
6	TNG1	2.2 a	1,340 a	18.7 d	10.1 a	78.54 a	962 a	31.89 a
7	TNG2	1.0 a	808 b	28.9 d	7.0 b	50.58 b	808 ab	19.23 b

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

表9. 不同海拔對山藥塊莖性狀與收量之影響（關西）

Table 9. Effects of different elevations on tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 5 different varieties and lines at Quan-Si area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W47	1.0 c	397 c	30.2 bc	4.0 c	37.61 c	397 b	9.45 c
2	80W02	3.6 a	2,154 a	43.0 a	5.5 b	47.62 b	1,039 a	51.27 a
3	70R16	1.8 bc	596 bc	21.7 c	6.6 ab	58.65 a	553 b	14.18 bc
4	70R20	2.3 b	1,044 b	25.7 bc	6.0 ab	52.34 ab	729 ab	24.85 b
5	TNG2	1.4 bc	1,026 b	31.2 b	7.3 a	60.62 a	931 a	24.42 b

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

爲14.2 t/ha，而70W47則只有9.5 t/ha（表9）。

綜合比較表5~9及1998年在台中之山藥公頃產量結果[34]可知，不同海拔6處試區參試山藥品種系之平均公頃產量差異很大：台中本所試區13種山藥爲27.7 t/ha，名間鄉7種山藥爲44.5 t/ha，南投市6種山藥爲23.3 t/ha，羅娜村5種山藥爲19.0 t/ha，尖石鄉7種山藥爲17.8 t/ha，關西鎮5種山藥爲24.8 t/ha；海拔較高之羅娜村及尖石鄉之山藥公頃產量皆在20 t/ha以下，產量最高之試區爲名間鄉，其次爲台中本所試區，南投市及關西鎮之山藥公頃產量介於23~25 t/ha，名間鄉之山藥公頃產量約爲羅娜村及尖石鄉之2.3及2.5倍。針對6處不同海拔試區兩個共同品種系：80W02（中國長品系）及TNG2（台農2號）而言，台農2號在台中、名間、南投、羅娜、尖石及關西6試區之公頃產量依次爲45.6、40.1、11.5、16.5、19.2及24.4 t/ha，台中及名間試區之台農2號產量可達40 t/ha以上，約爲羅娜村之2.8及2.4倍；中國長品系在台中、名間、南投、羅娜、尖石及關西之公頃產量依次爲34.0、39.9、47.3、14.2、27.3及51.3 t/ha，台中及名間試區中國長品系之產量介於34~40 t/ha間，而關西及南投試區之產量卻高達47 t/ha以上，關西試區中國長品系之產量約爲羅娜村之3.6倍。此外，由不同山藥在6處海拔試區塊莖產量之比較結果可知，二刺品系（70W47，在名間及南投試區）、台農1號（TNG1，在名間）、台農2號（TNG2，在名間）、汕二品系（70W34，在名間）、汕三品系（70W35，在名間）及中國長品系（80W02，在名間、南投及關西）等之塊莖產量表現極爲優異，公頃產量皆有達40 t/ha以上之記錄（表5~9）。

二、多元化山藥新優良品種系之開發：

於1999年在台中本所農場進行四項不同類別山藥塊莖性狀與產量之比較試驗：(1)中型山藥13品種系塊莖性狀與產量之比較，(2)長型山藥8品種系塊莖性狀與產量之比較，(3)6種圓莖山藥及2對照品種系塊莖性狀與產量之比較，及(4)紅肉山藥8品系及2對照品種系塊莖性狀與產量之比較，結果列如表10、11、12及表13。

由表10之結果可知，13種中型山藥（50cm>塊莖長度>20cm）之單株塊莖平均收量爲1,764g，不同品種系間之差異不顯著 ($p > 0.05$)，收量在2,200g以上者爲70W17(特七品系)及70W34（汕二品系），其次爲70W42（大葉壽豐品系）、70R16（紫玉血薯品系）及TNG2（台農2號），此3品種系塊莖之收量可達1,900g以上，最小的70W03（台東品系）也有1,320g。單株薯塊數目最多者爲70W06（特三品系）、70R16及70R20（名間長紅品系）之3.1~3.3粒，TNG2爲2.0粒，粒數最少者爲70W17之1.4粒。塊莖之平均長度爲28.1cm，最長的爲70W34之43.2cm，最短的爲70W03之20.0cm。塊莖之平均寬度爲10.4cm，最寬的爲70W08（特11品系）之13.8cm，最窄的爲70W35（汕三品系）之8.5 cm，及70R20之8.6cm，差異顯著。塊莖之平均厚度爲63.9mm，最厚的爲70W17之72.9mm，較薄的爲70R20之55.4mm。在參試之中型山藥品種系最大單粒塊莖之平均收量達1,298g，除了最輕之70R20爲978g外，其餘品系皆高於1,000g。在塊莖公頃產量方面，13種山藥參試品種系中，有2品系之塊莖公頃產量高於54 t/ha，有7品系之公頃產量高於40 t/ha，有4品系之塊莖公頃產量達31.4 t/ha以上，公頃產量最高者爲70W17及70W34，高達54.6~55.0 t/ha，此外，產量高於台農2號之45.3 t/ha者爲70R16之47.3 t/ha及70W42之46.2 t/ha，產量最低的70W03亦可達31.4 t/ha，13參試品種系之平均公頃產量高達42.9 t/ha，惟品種系產量間之差異未達顯著水準 ($p > 0.05$)（表10）。

表10. 中型山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 10. Comparison on the characteristics and yield of *Dioscorea spp.*of middle-shaped tubers among 13 different varieties and lines at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W03	2.6 a [z]	1,320 a	20.0 d	11.2 ab	58.7 ab	1,036 ab	31.42 a
2	70W06	3.1 a	1,827 a	22.9 cd	9.6 ab	65.2 ab	1,091 ab	43.48 a
3	70W08	2.1 a	1,760 a	21.1 cd	13.8 a	68.9 ab	1,307 ab	41.89 a
4	70W17	1.4 a	2,310 a	37.1 ab	12.0 ab	72.9 a	2,160 a	54.98 a
5	70W23	2.0 a	1,492 a	24.3 bcd	10.3 ab	67.9 ab	1,150 ab	35.51 a
6	70W34	1.9 a	2,293 a	43.2 a	8.9 ab	60.6 ab	2,067 ab	54.57 a
7	70W35	2.1 a	1,684 a	33.8 abc	8.5 b	59.6 ab	1,301 ab	40.08 a
8	70W42	2.4 a	1,940 a	27.4 bcd	10.7 ab	68.3 ab	1,474 ab	46.17 a
9	70W72	2.5 a	1,663 a	26.0 bcd	11.2 ab	65.8 ab	1,080 ab	39.58 a
10	83CM121	2.8 a	1,827 a	26.2 bcd	9.9 ab	66.4 ab	1,133 ab	43.48 a
11	70R16	3.3 a	1,987 a	28.2 bcd	12.8 ab	62.3 ab	1,317 ab	47.29 a
12	70R20	3.3 a	1,446 a	26.8 bcd	8.6 b	55.4 b	978 b	34.41 a
13	TNG2	2.0 a	1,905 a	33.3 abcd	10.1 ab	66.6 ab	1,453 ab	45.34 a

[z] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表11之結果可知，6種長型山藥（塊莖長度> 50cm）及2對照品種系（台農2號及名間長紅品系）單株塊莖之平均收量高達2,547g，不同品種系間之差異不顯著 ($p > 0.05$)，收量在3,200g以上者爲70W47（二刺品系），其次爲70W75（基隆大葉品系）及TNG2（台農2號），此2品種系塊莖之收量皆

在2,700g以上，最小者爲70R20（名間長紅品系）之2,040g。單株薯塊數目最多者爲70W48（北投品系）之8.3粒，粒數最少者爲70W73（F155品系）之3.6粒，及TNG2之2.8粒，品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)。塊莖之平均長度爲61.0cm，最長的爲F155之78.7cm，其次爲70W70（陽明品系）、70W47及70W75，三品系皆有71cm以上之長度，最短的爲70W48、80W02（中國長品系）、70R20及TNG2，長度介於31.4~38.2cm。塊莖之平均寬度爲7.2cm，最寬的爲TNG2及70R20，寬度皆在10cm以上，最窄的爲70W75、70W47、70W70及70W73，寬度介於5.4~6.8cm，差異極顯著 ($p < 0.01$)。塊莖之平均厚度爲47.9mm，最厚的爲TNG2之65.7 mm，較薄的爲70W75、70W70及70W73，厚度介於39.1~44.5mm。8種參試山藥最大單粒塊莖之平均收量達1,253g，以TNG2之1,810g最重，其次爲70W47之1,703g，而以70W48之863g最輕。在塊莖公頃產量方面，8種山藥參試品種系之平均公頃產量高達59.8 t/ha，其中70W47高達76.8 t/ha，另有70W75、70W73及TNG2等3品種系之公頃產量高於61 t/ha，有3品系之產量高於52 t/ha，公頃產量最低爲70R20亦高達48.6 t/ha，惟品種系間產量之差異未達顯著水準 ($p > 0.05$)（表11）。

表11. 長型山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 11. Comparison on the characteristics and yield of *Dioscorea spp.* of long-shaped tubers among 8 different varieties and lines at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	Tuber wt. (g)	Tuber length(cm)	Tuber width (cm)	Tuber thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W75	5.1 ab	2,780 a	71.5 a	5.7 d	40.69 d	1,238 bc	66.16 a
2	70W47	4.7 ab	3,225 a	75.5 a	6.8 d	50.43 c	1,703 ab	76.76 a
3	70W48	8.3 a	2,193 a	38.1 b	8.8 c	52.66 bc	863 c	52.19 a
4	70W70	4.6 ab	2,310 a	76.4 a	5.4 d	39.10 d	1,162 c	54.98 a
5	70W73	3.6 b	2,568 a	78.7 a	6.3 d	44.45 d	1,263 bc	61.12 a
6	80W02	6.2 ab	2,261 a	35.9 b	9.3 bc	56.64 b	1,095 c	53.81 a
7	70R20	5.0 ab	2,040 a	31.4 b	10.2 ab	56.41 b	1,190 c	48.55 a
8	TNG2	2.8 b	2,710 a	38.2 b	10.7 a	65.74 a	1,810 a	64.50 a

^{z} Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

由表12之結果可知，6種圓莖山藥之單株塊莖平均收量僅爲307g，而二對照品種系（70R20及TNG2）之單株塊莖平均收量則高達2,330g，品種系間之差異極顯著 ($p < 0.01$)。單株薯塊數目最多者爲70R20之5.2粒，粒數最少者爲70W51（恆春品系）之1.0粒，品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)。塊莖之平均長度爲34.1cm，最長的爲70W51之60.0cm，其次爲TNG2之39.1cm及70W49（青森品系）之37.9cm，最短的爲70W20（屏地品系）、70W41（自然品系）、70W44（茨城品系）、70W59（大淮品系）及70R20，長度介於17.6~31.2cm，品種系間之差異顯著 ($p < 0.05$)。塊莖之平均寬度爲7.0cm，最寬的爲TNG2及70R20，寬度皆在10cm以上，最窄的70W51寬度僅3.3cm，差異極顯著 ($p < 0.01$)。塊莖之平均厚度爲38.1mm，最厚的爲TNG2及70R20，寬度皆在54mm以上，較薄的爲70W49及70W51，厚度介於23.1~28.3mm。在參試山藥中最大單粒塊莖之平均收量以TNG2之1,760g最重，其次爲70R20之1,030g，而以70W44之172g最輕。在公頃產量方面，6種圓莖山藥之平均公頃產量介於4.05~9.21 t/ha間，而以對照品種TNG2之公頃產量最高，達63.07 t/ha，70R20次之爲47.84 t/ha，品種系間產量差異達極顯著水準 ($p < 0.01$)（表12）。

由表13之結果可知，8種紅肉山藥及2對照品種系（70R20及TNG2）之單株塊莖平均收量達1,093g，不同品種系間之差異不顯著 ($p > 0.05$)，收量在1,420g以上者爲70R22（松柏長紅品系）、

表12. 圓莖山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 12. Comparison on the tuber characteristics and yield of *Dioscorea spp.* among 8 different varieties and lines with circle-shaped vine at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70W20	1.3 c z	170 h	26.4 b	4.2 cd	31.14 bc	161 h	4.05 h
2	70W41	1.5 bc	290 g	31.2 b	7.3 abc	35.57 bc	264 f	6.90 g
3	70W44	3.7 ab	339 d	17.6 b	7.1 bc	33.45 bc	172 g	8.07 d
4	70W49	1.3 c	387 c	37.9 ab	7.7 abc	28.27 c	357 c	9.21 c
5	70W51	1.0 c	338 e	60.0 a	3.3 d	23.13 c	338 d	8.04 e
6	70W59	1.7 bc	315 f	29.3 b	5.3 cd	33.97 bc	269 e	7.50 f
7	70R20	5.2 a	2,010 b	30.9 b	10.1 ab	54.41 ab	1,030 b	47.84 b
8	TNG2	2.5 bc	2,650 a	39.1 ab	10.6 a	64.57 a	1,760 a	63.07 a

z Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

83CM302（紅毛薯品系）及TNG2，其次爲70R01（埔一品系）之1,327g，最小者爲70R20（名間長紅品系），僅爲583g。單株薯塊數目最多者爲83CM204（二紅品系）之5.9粒，粒數最少者爲TNG2之2.0粒。塊莖之平均長度爲30.7cm，最長的爲TNG2之34.8cm，其次爲70R16（紫玉血薯品系）及70R22，皆有25cm以上之長度，其餘品系之長度介於10.1~22.0cm。塊莖之平均寬度爲9.9cm，最寬的爲83CM302之14.7cm，最窄的爲83CM206（紅皮長品系）及70R20，寬度介於5.9~6.1cm，差異極顯著 ($p < 0.01$)。塊莖之平均厚度爲51.3mm，最厚的爲70R01之61.3mm，其次爲70R09（嘉扁紅品系）、70R22、83CM302及TNG2，較薄的爲70R10（竹山紫品系）及83CM206，厚度介於37.6~39.6mm。在參試山藥中最大單粒塊莖之平均收量爲625g，以TNG2之1,073g最重，其次爲70R22之893g，而以83CM204、83CM206及70R20最輕。在公頃產量方面，10種參試山藥品種系之平均公頃產量高達26.0 t/ha，其中70R22、83CM302、TNG2及70R01之塊莖公頃產量可達31 t/ha以上，另有70R09、70R10及70R16等3品種系之塊莖公頃產量可達20 t/ha以上，有3品系之塊莖公頃產量低於19 t/ha，公頃產量最低者爲70R20之13.9 t/ha，惟品種系間之產量差異未達顯著水準 ($p > 0.05$)（表13）。

表13. 紅色山藥不同品種系塊莖性狀與收量之比較（台中）

Table 13. Comparison on the characteristics and yield of *D. purpurea* of red flesh tubers among 10 different varieties and lines at Taichung area

No.	Var. & lines	Tuber (no./pl.)	wt. (g)	length(cm)	width (cm)	thick.(mm)	Largest tuber(g)	Yield (t/ ha)
1	70R01	4.5 abz	1,327 ab	10.1 b	12.9 ab	61.34 a	760 ab	31.58 ab
2	70R09	4.3 abc	1,103 abc	14.4 b	12.8 ab	59.46 a	677 abc	26.25 abc
3	70R10	5.7 abc	882 abc	14.2 b	10.3 abc	39.63 c	376 bc	20.99 abc
4	70R16	3.8 ab	1,197 abc	25.4 a	9.6 abc	52.77 ab	772 ab	28.49 abc
5	70R22	3.3 bc	1,487 a	29.1 a	7.9 bc	56.07 a	893 a	35.39 a
6	83CM204	5.9 a	677 bc	13.1 b	10.0 abc	46.07 bc	330 c	16.11 bc
7	83CM206	4.9 ab	783 abc	19.7 b	6.1 c	37.55 c	339 c	18.64 abc
8	83CM302	3.9 abc	1,467 a	22.0 b	14.7 a	58.40 a	690 abc	34.91 a
9	70R20	4.3 abc	583 c	20.0 b	5.9 c	45.69 bc	337 c	13.88 c
10	TNG2	2.0 c	1,427 a	34.8 a	8.4 bc	55.98 a	1,073 a	33.96 a

z Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD Test.

綜合比較表10~13台中本所試區四類別山藥之公頃產量可知，參試山藥品種系之平均公頃產量如下：中型山藥類13種品種系爲42.9 t/ha，長型山藥類6種山藥不包括對照之台農2號及名間長紅品系爲60.8 t/ha，包括對照之台農2號及名間長紅品系爲59.8 t/ha，圓莖山藥類6種山藥不包括對照之台農2號及名間長紅品系爲7.3 t/ha，包括對照之台農2號及名間長紅品系爲19.3 t/ha，紅肉山藥類8種山藥不包括對照之台農2號及名間長紅品系爲26.5 t/ha，包括對照之台農2號及名間長紅品系爲26.0 t/ha；6種長型山藥之公頃平均產量60.8 t/ha，明顯高於13種中型山藥之42.9 t/ha、6種圓莖山藥之7.3 t/ha及8種紅肉山藥之26.5 t/ha。針對兩個共同品種系：70R20（名間長紅品系）及TNG2（台農2號）而言，台農2號在中型山藥類、長型山藥類、圓莖山藥類及紅肉山藥類之公頃產量依次爲：45.3、64.5、63.1及34.0 t/ha，台農2號在此四類別山藥試區之平均公頃產量高達51.7 t/ha；名間長紅品系在此四類之公頃產量依次爲：34.4、48.6、47.8及13.9 t/ha，名間長紅品系之平均公頃產量達36.2 t/ha。比較中型及長型山藥之塊莖產量可知，中型山藥以特三品系 (70W06)、特七品系 (70W17)、特11品系 (70W08)、汕二品系 (70W34)、汕三品系 (70W35)、大葉壽豐品系 (70W42)、J07品系 (70W72) 及泰雅品系 (83CM121) 之塊莖產量表現最爲優異，長型山藥以基隆大葉品系 (70W75)、二刺品系 (70W47)、北投品系 (70W48)、陽明品系 (70W70)、F155品系 (70W73)、中國長品系 (80W02) 之塊莖產量表現最爲優異，上述品系在這兩類中之公頃產量皆有達40 t/ha以上之記錄。紅肉山藥除紫玉血薯品系 (70R16) 及名間長紅品系 (70R20) 之塊莖產量有40 t/ha以上之記錄外，其他僅埔一品系 (70R01)、松柏長紅品系 (70R22) 及紅毛薯 (83CM302) 之塊莖產量可達30 t/ha以上（表10~13）。

三、山藥塊莖內抗氧化酵素性活性之比較：

(一) 山藥塊莖內過氧化酶 (Peroxidase, PO, EC 1.11.1.7) 活性之比較：山藥15品種系塊莖PO活性之差異頗大，PO活性最大者爲70W35（汕三品系）之1.36 (Δ OD/ g. fw/min)，其次爲70W34（汕二品系）之0.96及TNG2（台農2號）之0.82與70W42（大葉壽豐品系）0.80；PO活性最小者爲70W03（台東品系）之0.06及70W20（恆春品系）之0.09。70W35品系之PO活性約爲70W03之23倍，爲70W20之15倍（表14）。

(二) 山藥塊莖內多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO, EC 1.10.3.1) 活性之比較：參試山藥塊莖PPO活性之差異亦大，PPO活性最大者爲70W20（恆春品系）之7.40 (Δ OD/ g. fw/min)，其次爲70W47（二刺品系）之6.74、TNG1（台農1號)之5.28，以及70W35（汕三品系）之4.02；PPO活性最小者爲70W49（青森品系）之0.66，以及80W02（中國長品系）之0.71、70W42（大葉壽豐品系）之0.72與70W59（大淮品系）之0.92，70W20及70W47之PPO活性約爲70W49之11及10倍（表14）。

(三) 山藥塊莖內超氧歧化酶 (SOD) 活性之比較：15山藥品種系塊莖SOD活性之差異很大，SOD活性最大者爲70W47（二刺品系）之81.9 (Δ unit/ g. fw)，其次爲70W35（汕三品系）之73.0及70W34 (汕二品系）之70.7；SOD活性最小者爲70W70（陽明品系）之5.7，70W47品系之SOD活性約爲70W70之14倍（表14）。

(四) 山藥塊莖內觸酶 (CAT) 活性之比較：參試山藥塊莖CAT活性之差異亦大，CAT活性最大者爲70W35（汕三品系）之0.23 (Δ μmol/ g. fw/min) 及70R16（紫玉血薯）之0.23，其次爲70W42（大葉壽豐品系）之0.18及70W47（二刺品系）之0.18；CAT活性最小者爲70W73（F155品系）之0.05及70W59（大淮品系）之0.09，70W35及70R16之CAT活性約爲70W73之4.6倍（表14）。

(五) 山藥塊莖內麩胱苷肽還原酶 (GR) 活性之比較：參試山藥塊莖GR活性之差異亦大，GR活性最大者爲70W59（大淮品系）之4.64 (Δ μmol/ g. fw/min) 及70W20（恆春品系）之4.41；GR活性最小者爲80W02（中國長品系）之1.67與70W70（陽明品系）之1.74，70W59之GR活性約爲80W02之2.8倍（表14）。

表14. 參試15個山藥品種系塊莖抗氧化酵素活性之比較

Table 14. Comparison on antioxidant enzyme activity among 15 different varieties and lines of *Dioscorea spp.*

No.	Var. & Lines	Scientific name	PO A470 /g fw/min	PPO A420 /g fw/min	SOD Unit/g fw	CAT μmol /g fw/min	GR μmol /g fw/min
1	TNG1	*D. alata*	0.69+0.01	5.28+0.50	52.9+36.1	0.12+0.07	3.16+0.98
2	TNG2	*D. alata*	0.82+0.10	1.84+0.13	65.0+17.2	0.11+0.05	3.33+0.40
3	70W34	*D. alata*	0.96+0.24	3.65+2.06	70.7+ 6.5	0.10+0.07	3.24+0.51
4	70W35	*D. alata*	1.36+0.67	4.02+1.06	73.0+25.8	0.23+0.06	2.83+0.44
5	70W03	*D. alata*	0.06+0.03	2.60+2.06	45.0+16.7	0.17+0.09	2.12+1.57
6	80W02	*D. alata*	0.48+0.12	0.71+0.46	51.4+24.0	0.17+0.05	1.67+1.41
7	70W47	*D. alata*	0.12+0.04	6.74+0.05	81.9+ 8.1	0.18+0.07	2.36+0.43
8	70W42	*D. alata*	0.80+0.04	0.72+0.11	48.1+ 7.0	0.18+0.04	2.44+0.67
9	70W73	*D. spp.*	0.31+0.14	2.87+1.29	63.0+48.9	0.05+0.02	3.27+0.42
10	70W70	*D. spp.*	0.47+0.44	2.05+0.77	5.7+ 3.2	0.16+0.01	1.74+0.42
11	70W59	*D. batatas*	0.21+0.08	0.92+0.19	37.0+ 8.4	0.09+0.04	4.64+0.08
12	70W20	*D. doryophora*	0.09+0.08	7.40+2.81	47.1+ 8.1	0.13+0.05	4.41+0.17
13	70W49	*D. japonica*	0.32+0.02	0.66+0.14	47.0+22.8	0.16+0.05	3.85+0.49
14	70R16	*D. purpurea*	0.14+0.02	1.66+1.57	59.3+ 5.1	0.23+0.08	2.03+0.49
15	70R20	*D. purpurea*	0.14+0.02	2.48+0.69	61.0+12.0	0.17+0.03	1.93+1.01

比較15個參試山藥品種系之塊莖內，各種抗氧化酵素含較高活性之前5個品種系之結果可知，70W35在五種抗氧化酵素活性中，有PO、PPO、SOD及CAT等四種抗氧化酵素活性含較高活性；70W34有PO、PPO及SOD等三種抗氧化酵素含較高活性；TNG2亦有PO、SOD及GR等含較高活性；70W47在PPO、SOD及CAT等三抗氧化酵素含較高活性，其中70W47之SOD活性高達81.9 (Δ unit/ g. fw)，明顯高過其他山藥品種系。另有品種系具二種抗氧化酵素且含較高活性的如：TNG2之PO及PPO，70W73之SOD及GR，以及70W20之PPO及GR。綜合比較15個參試山藥品種系之生產潛力與5種抗氧化酵素之活性大小可知，70W47、70W35、70W34、TNG2及70W73等5山藥品種系為兼具生產與抗氧化潛力之山藥品種系，值得探討是否進行深入開發與利用。

討 論

山藥為國際性重要農園藝與根莖作物之一，亦為重要之保健藥用植物，其塊莖具備高產及富含營養之特色，自古以來即被人們利用為極佳補虛保健食品或養生治病藥材[6, 9]，行政院農業委員會亦將山藥列為目前重點發展之特用作物。根據現代分析資料、醫藥報告與歷年本草典籍可知，山藥富含多種重要成分如抗氧化酵素、粘質多醣體及diosgenin等[26]，具有增強免疫、抗腫瘤與抗關節炎之功能，可誘生干擾素與增生T淋巴細胞，另具消除蛋白尿、抑制細胞突變及降低膽固醇等作用[10]。全球山藥眾多種原中，應有不少物種，值得進行引種、繁殖、評估、篩選與生產利用。台灣之氣候土質很適宜山藥生長，栽培管理簡單，且病蟲害不多，以往山藥產量與產值不高之因，與未能慎選品種、未能建立穴管栽培技術、及未能開發多元化加工產品有關。就1998年在台中試區之13種山藥品種系而言，下列5品種系具有高產優質之特色：如山藥台農2號（產量可達46 t/ha）、大葉壽豐品系（產量達44 t/ha）、二刺品系（產量達42 t/ha）、大汕三品系（產量38 t/ha）、或中國長品系（產量34 t/ha）等[34]；由本研究在其他5試區之參試山藥品種系之表現而言，二刺品系（在名間及南投試區），台農1號、台農2號、汕二品系及汕三品系（均在名間），以及中國長品系（在名間、南投及關西）等之塊莖產量皆有達40 t/ha以上之記錄。若能選擇種植上述高產優質之品種，且管理得宜，同時配合開發多元化加工產品，

則塊莖之產量與收益將不至太差，可使農民獲益不少。

除了上述高產優質之品種系外，本研究另針對多元化山藥新優良品種系之開發，進行四種不同類別山藥之比較，試驗結果指出，下列之新品種系亦深具開發潛力，如中型山藥類之特三品系(70W06)、特七品系 (70W17)、特11品系 (70W08)、大葉壽豐品系 (70W42)、J07品系 (70W72)及泰雅品系 (83CM121) 等之公頃產量可高達40 t/ha以上；長型山藥類之基隆大葉品系 (70W75)、北投品系(70W48)、陽明品系 (70W70) 及F155品系 (70W73) 等之塊莖產量表現更爲優異，公頃產量皆高達50 t/ha以上；紅肉山藥除紫玉血薯品系 (70R16) 及名間長紅品系 (70R20) 之塊莖產量有40 t/ha以上之記錄外，其他僅埔一品系 (70R01)、松柏長紅品系 (70R22) 及紅毛薯 (83CM302) 之塊莖產量具有30 t/ha以上之潛力（表10~13）。表12中6種圓莖山藥之平均公頃產量雖僅介於4.05~9.21 t/ha間，明顯低於中型及長型山藥類，亦不若紅肉山藥，惟由表14可知，3種圓莖山藥之GR活性爲所有參試山藥之前三位最高者，若能改進栽培技術，增多產量，則更具開發潛力。

過氧化酶爲一含鐵之蛋白質，參與氧化還原等催化反應，其電子接受者爲H_2O_2，而電子的供應者爲許多物質之基本成分，如phenolic compound、aromatic amines、ascorbic acid等，亦有報告指出其與catalase, IAA-oxidase, polyphenol oxidase等有關[20]。多酚氧化酶亦稱tyrosinase, cresolase, catechol oxidase或DOPA oxidase，爲一含銅之酵素，亦參與氧化還原反應，酚類化合物爲其主要受質[3, 5, 20]。多酚氧化酵素於植物體中具有重要之生理功能，與植物之防衛系統、傷口癒合及老化等有密切關係[38, 44]。超氧歧化酶爲人體內三大抗氧化酵素之一，其他尚包括catalase及GSSH-Px。SOD屬金屬酵素，遍佈於好氧性生物中，一般可分成三類：Copper(Cu^{2+}) SOD、non-heme Fe^{3+} SOD及manganese(Mn^{2+}) SOD。人體內大多以CuZn-SOD存在，Fe-SOD主要存在於原核生物，Mn-SOD則存於原核生物及粒腺體內[37]。觸酶屬於Fe III-hemeproteins，對H_2O_2及有機氫氧化物表現過氧化酵素的特性，其與heme peroxidase不同之處，在於heme peroxidase以有機氫氧化物做基質，而catalase用H_2O_2做雙分子的歧化作用，catalases一般存於植物體及好氧性微生物中[37]。麩胱苷肽過氧化酶 (glutathione peroxidase; GSH-Px) 一般存在動物組織中，並不存於細菌及高等植物。哺乳動物有兩種不同的GSH-Pxs：一種需依賴硒 (Se)，另一種不需要硒。GSHPx一般存在於血液、肝臟粒腺體及細胞溶質中，此酵素的受質是低分子量的GSH，GSH是由glycine, glutamate及cysteine三種胺基酸所構成之tripeptide，其還原態只有一個硫氫基，簡稱GSH，氧化態則兩個硫連接起來，稱GSSG。GSHPx能將GSH氧化成GSSG，在正常細胞中，經由glutathione reductase(GR) 之作用，GSSG亦可以還原成GSH[37]。抗氧化酵素superoxide dismutase(SOD)、catalase、glutathione reductase、glutathione S-transferase等酵素間的作用是息息相關的，若在體內分佈情形不同，如在腦部雖含較少量的catalase，卻含較多的GSH-Px，能合作來分解雙氧水，排除雙氧水的氧化壓力；此外，如果SOD的活性下降，以致產生過多的O_2時，catalase及glutathione peroxidase的活性也會受到抑制[37]。本研究比較15種不同山藥之五種抗氧化酵素之活性，或多或少可反應出山藥具備自我防衛系統及抗氧化特性[5, 26, 34]，惟其表現程度則依品種別而異（表14），而這些特性在細胞層次或生物體內層次之被吸收與被利用之效率如何，仍需進行深入探討。

此外，山藥亦具備不少抗氧化劑，如抗壞血酸，單寧，酚酸，多醣類，其它酚類及礦物元素等[26, 34]。抗氧化劑是一類能有效阻止或延緩自動氧化的物質，不少之合成抗氧化劑如丁基羥基甲氧苯(butylated hydroxyanisole, BHA)、二丁基羥基甲苯 (butylated hydroxy toluene, BHT)、沒食子酸丙酯(propyl gallate, PG) 及第三丁基對苯二酚 (tertiary butyl hydroquinone, TBHQ) 等，雖曾被廣泛應用過，但自1970年以來已被發現在安全上有問題：具有一定的毒性，甚至可能致畸或致癌，所以天然抗氧化劑的需求正日益殷切。近年來自天然物中已被分離純化出許多抗氧化物質[37]，相關之具體成果如下：大豆的異黃酮素 (isoflavonoides)，芝麻的lignan衍生物，茶葉的兒茶素 (catechin) 及茶黃素，野生日本葡萄及茄子的花青素 (anthocyanin)，迷迭香及鼠尾草的carnosol衍生物，薑的gingerol，辣椒的capsaicin

衍生物，鬱金的curcumin衍生物，百里香的類黃酮素 (flavonoids)，銀杏葉的ginkgolide，蜂膠的類黃酮素，米糠的oryzanol，花生殼的luteolin，稻穀的isovitexin，黃芩、陳皮、營實、十藥、葛根、桑白皮等的類黃酮素，五倍子、訶子、石榴皮、芍藥、牡丹皮、山茱萸的單寧，紫蘇的咖啡酸衍生物，決明子的anthracenedione衍生物，紫地丁的沒食子酸 (gallate acid)、黃烷酮及單寧等衍生物，羌活的phenethy ferulate，補骨脂的bakuchiol，草果的多酚化合物，翠玉茶梗的類黃酮素，肉豆蔻的丁香酚衍生物及雙聚物，鳳凰花的類黃酮素及沒食子酸十七酸酯等皆是。本研究僅就15種山藥之5種抗氧化酵素之活性進行初步分析與比較，後續之研究將分析更多山藥，進行其他相關抗氧化酵素與抗氧化物質之分析、比較及評估，更希望能與其他學術及醫藥研究單位合作，進行山藥在細胞層次或生物體內層次之分析與探討，俾供篩選確具抗氧化效用山藥品種之參考。

誌　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助計畫經費（計畫名稱：89年度藥用及保健植物-抗氧化山藥品種之引進、篩選、栽培與利用研究，計畫編號：NSC89-2317-B-055-008），試驗進行期間得蒙本所陳盛彰、白耀聰、郭朝水等先生，李秀美、賴美文、陳玫汶與林嘉凌等小姐之協助，謹致衷心謝意。

引用文獻

1. 山藥促銷與編輯小組。1993。山藥之利用與栽培。台灣省農業試驗所及花蓮區農業改良場編印。台中縣及花蓮縣。
2. 王昭月、賴永昌、譚增偉、劉新裕。1992。山藥之生產促進及省工栽培研究。中華農業研究41: 43-52。
3. 王俐婷、宋賢一、張珍田。1999。基隆山藥塊莖多酚氧化酵素之純化及性質研究。中國農業化學會誌37: 141-151。
4. 王伯徹。2000。食藥用菇保健食品之開發。科學與技術32: 18-27。
5. 王俐婷、張珍田、宋賢一。1999。基隆山藥塊莖多酚氧化酵素之動力學機制研究。中國農業化學會誌37: 455-461。
6. 行政院衛生署中藥典範編輯委員會。1985。山藥。中華民國中藥典範第一輯。577-579及660-664頁。台北市。
7. 朱汎琪、王俐婷、宋賢一、張珍田。1998。基隆山藥塊莖採收後之生化學研究。中國農業化學會誌36: 547-554。
8. 那琦、甘偉松、楊榮季。1978。台灣產藥材之生藥學研究 (IV) 台灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報9: 330-375。
9. 林俊清。1986。山藥。新編生藥學（第I集）。116-123頁。高雄醫學院出版。高雄市。
10. 林俊清。1995。應用生藥學 (I) 生藥與自由基。富山出版社。高雄市。
11. 吳景陽。1999。燕麥之機能成份。科學與技術31: 34-41。
12. 吳景陽。2000。大麥之機能成份。科學與技術32: 16-23。
13. 金毅、郭成浩、李廣生。1999。補充硒和維生素E對大鼠心肌腺甘酸含量及抗氧化損傷的研究。營養學報21: 168-171。
14. 和紅、王福僂、蔡梅雪。1999。抗氧化維生素對內皮細胞增殖及凋亡的影響。營養學報21: 444-449。
15. 姜紹通、潘麗軍、龐思平、鄭志。1999。茶多酚—豬油乳化体系的抗氧化效果。Food Science 5: 9-11。
16. 涂瑞澤、黃政弘、陳惠婷。1999。豬紅血球中超氧歧化酵素的分離與性質鑑定。中國農業化學會誌37: 225-236。
17. 晏紹慶、華澤釗、劉寶林、周培根。2000。玻璃化保存草莓多酚氧化酵素和過氧化物活性變化的實驗研究。食品科學1: 58-62。
18. 馬希漢、尉芹。1999。銀杏葉提取物對食用油脂抗氧化作用的研究。食品科學6: 21-23。
19. 張進益。1988。山藥。經濟植物集。44-49頁。豐年社出版。
20. 黃文玲。1997。楊桃果實褐化潛勢與多酚氧化酵素活性、過氧化酵素活性、酚類化合物濃度及可溶性蛋白質濃度之關係。國立中興大學碩士論文。
21. 黃進發。2000。天然抗氧化物—麩胱甘肽之生理機能。科學與技術32: 39-46。
22. 黃進發。2000。食藥用菇的抗氧化SOD之研發與利用。科學與技術32: 43-53。
23. 郭玲、薛安娜、王淑琴、陳晉彥、吳元德。1999。氧自由基誘導細胞凋亡及硒與維生素E的防護作用。營養學報21: 163-167。

24. 陳介武。1999。機能性食品的現況與展望。Chinese Food 3: 70-77。
25. 陳明造、劉登城、胡素娟、許振忠、郭秀蘭。1998。抗壞血酸及 α-生育醇之浸漬對鴨胸肉色澤安定性及脂質氧化之影響。中國畜牧學會會誌 28: 125-132。
26. 都恆青、陳家暢、趙曦、李樹英、賈士奇、鄭清瑗、張留記。1995。山藥類之研究。pp: 1089-1131。摘自樓之岑、秦波主編之常用中藥材品種整理和質量研究北方編。
27. 楊棋明、楊智旭、趙璧玉。1999。市售黑豆與黃豆抗氧化力之灰預測比較。Nutrit. Sci. J. 2: 201-214。
28. 劉棠瑞、黃增泉。1978。Dioscoreaceae 薯蕷科。pp: 100-109。Flora of Taiwan。
29. 劉新裕。1989。千里達山藥之生產能力與品質分析研究。中華農業研究 38: 312-325。
30. 劉新裕、呂秀英、王昭月、賴永昌。1990。環境因子對山藥生長與產量之影響。中華農業研究 39: 287-296。
31. 劉新裕、王昭月、徐原田、段中漢。1992。山藥台農 1 號之育成。中華農業研究 41: 140-158。
32. 劉新裕、王昭月、徐原田、胡敏夫、楊宏仁、何琦琛。1996。山藥台農 2 號之育成。中華農業研究 45: 260-284。
33. 劉新裕、張同吳、王昭月、徐原田、胡敏夫。1997。山藥台農 2 號之生產促進。中華農業研究 46: 249-261。
34. 劉新裕、張同吳、林義恭、陳淑芬、王昭月、朱戩良、王順成。1999。山藥之品種特性、生產潛力、物化性質與抗氧化研究。中華農業研究 48: 1-22。
35. 劉新裕、朱戩良、林義恭、張同吳、王昭月。2000。保健用藥用植物之重金屬分析。中華農業研究 49: 1-11。
36. 賴宏亮、鄧秀玫、劉新裕、許博文。1999。山藥藥材鑑別之研究。藥物食品分析 7: 313-325。
37. 顏國欽。2000。自由基、抗氧化劑種類及作用機制。自由基醫學與抗氧化技術之介紹與應用專刊。pp: 1-34。彰化縣大葉大學。
38. Bouthyette, P.Y., N. Eannetta, K.J. Hannigan, and P. Gregory. 1987. *Solanum berthaultii* trichomes contain unique polyphenol oxidase and peroxidase. Phytochemistry 26: 2949-2954.
39. Bradbury, J. H., and W. D. Holloway. 1988. Chemistry of Tropical Root Crops. Australian Centre for International Agricultural Research. pp: 27-98. Canberra.
40. Cheng, G.W., and C.H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenoloxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 835-838.
41. Larson, R.A. 1988. The antioxidants of higher plants. Phytochemistry 27: 969-978.
42. Onwueme, I.C.1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant.The Tropical Tuber Crops. pp: 3-16. Pitman Press, New York.
43. Tindall, H. D. 1983. Dioscoreaceae. Vegetable in the Tropics. pp: 201-224. Macmillan Press London.
44. Tremolieres, M., and J.G. Breth. 1984. Isolation and characterization of the polyphenol oxidase from senescent leaf of black poplar. Phytochemistry 23: 501-505.
45. Yamaguchi, M. 1983. Yam. World Vegetable. pp: 139-147. AVI publishing company. U. S. A.

Comparison on Production Potential and Antioxidant Enzyme Activity of Different *Dioscorea* spp. [1]

Sin-Yie Liu[2], Ruey-Sheng Lai[2], Yi-Kung Lin[2], Su-Feng Chen[2], Hui-Ling Lo[2] and Jau-Yueh Wang[3]

Summary

A part or total of 15 *Dioscorea* genotypes had been cultivated, analyzed, and evaluated at six counties in Taiwan in 1998. The results obtained from comparison test on the plant growth characteristics and yield potential of these *Dioscorea* plants indicated that 70W47, TNG1, TNG2, 70W34, 70W35, and 80W02 might be the most promising lines due to their high yield potential over 40 t/ha. Besides, the following *Dioscorea* genotypes could also be recommended as superior yam lines, such as 70W06, 70W17, 70W08, 70W42, 70W72, 83CM121, 70W75, 70W48, 70W70, 70W73, 70R22, 83CM302, 70R16 and 70R20. Experimental data also indicated that 70W35 had high enzyme activity of peroxidase (PO), polyphenol oxidase (PPO), superoxide dismutase (SOD)and catalase (CAT), 70W34 had high activity of PO, PPO and SOD, TNG2 had high activity of PO, SOD and glutathione reductase (GR), and 70W47 had high activity of PPO, SOD and GR. The activity of SOD expressed by 70W47 is particularly higher than other genotypes. The results suggested that the following five yam lines, i.e. 70W35, 70W34, TNG2, 70W47 and 70W73, which possessed both properties of high yield potential and high SOD enzyme activity, could be developed for wider and further purposes.

Key words ： *Dioscorea* spp., Plant growth characters, Production, Antioxidant effect, Enzyme activity.

---

1. Contribution No.2078 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Senior Agronomist, Assistant, Research Assistant, Project Assistant, and Project Assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
3. Assistant Researcher, Office of Plant Germplasm, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 59～65 (2001)

台灣南部地區龐達巢粉蝨之發生與防治[1]

溫宏治[2] 陳秋男[3]

摘要：龐達巢粉蝨 (*Paraleyrodes bondari* Peracchi) 為新入侵台灣之害蟲，於高屏地區調查結果其寄主植物共有17科25種，主要為害作物為蓮霧、番石榴、桑、酪梨、香蕉及番荔枝等。受害蓮霧園之被為害葉率介於16.0～50 %，平均為26.5 %。於葉片之分布比例因寄主不同而有差異，主要分布於中老葉之葉背。成蟲對黃色及綠色有偏好性，為其尋覓寄主時重要引導因子。殺蟲劑防治試驗結果，以9.6 % Imidacloprid SP 2,000X、2.8 % Cyhalothrin EC 2,000X、20 % Mospilan SP 2,000X及2.8 % Deltamethrin EC 1,500X等4種藥劑防治效果最佳。

關鍵詞：龐達巢粉蝨、寄主植物、分布、藥劑防治。

前　　言

龐達巢粉蝨 (*Paraleyrodes bondari* Peracchi) 屬於同翅目 (Homoptera)，粉蝨科 (Aleyrodidae)，粉蝨亞科 (Aleurodicinae)，巢粉蝨屬 (*Paraleyrodes*)，英名為Nesting whitefly(7)。本蟲之原產地為南美州之新熱帶區，1966年於巴西之柑桔上首度被記錄(8)，後蔓延至非洲西北之馬得拉群島，於該地為害柑桔及酪梨，於1996年傳播至巴拿馬，台灣於1998年7月分別於嘉義市及高雄縣被發現為害柑桔與蓮霧(1, 2, 9)，後於高、屏地區調查本蟲分布時，發現偏遠之甲仙地區亦受此蟲感染，是故本蟲何時入侵台灣，尚待追蹤。

至目前為止本蟲世界分布有巴西、馬得拉群島、巴拿馬及台灣。為害寄主有椪柑、寬皮柑、甜柑、檸檬、酪梨、扁櫻桃、稜果蒲桃、柿、山黃麻、鵝掌柴、香蘭、蓮霧等(1, 3, 4, 6)。於台灣本蟲屬新侵入害蟲，即可能在缺乏天敵下，快速建立其族群而造成為害，故先於高屏地區從事該害蟲寄主植物、分布情形調查，並進行防治試驗，俾能提供農民防治之參考。

材料與方法

一、高屏地區龐達巢粉蝨之寄主植物調查

於民國87年9月至89年10月至高、屏地區，包括鳥松鄉、鳳山市、里港鄉、鹽埔鄉、三地門鄉、長治鄉、麟洛鄉、萬丹鄉、新埤鄉、路竹鄉、永安鄉、甲仙鄉、旗山鎮、田寮鄉等鄉鎮，調查各地區公園、學校等地之植物，及其他地區如行道樹及管理較差之雜果園，凡植株上同時存在龐達巢粉蝨之卵、若蟲、蛹及成蟲且受為害者，確定為其寄主。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2079號。

2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所副研究員兼系主任。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

3. 國立台灣大學昆蟲系教授。台北市。

二、龐達巢粉蝨為害蓮霧調查

於民國87年8月至9月及89年9月至10月不定期至高屏地區蓮霧主要產地包括高雄縣、鳥松鄉、鳳山市、梓官鄉、甲仙鄉、六龜鄉、林園鄉、大寮鄉及屏東縣長治鄉、麟洛鄉、崁頂鄉、新園鄉、鹽埔鄉、林邊鄉、里港鄉作調查，每地區選定管理較差2~3個果園，每個果園調查20株，每株取樣25枝葉片，觀察記錄葉片是否遭粉蝨爲害。

三、龐達巢粉蝨於寄主植物葉片上之分布調查

本試驗於87年9~10月及89年10月分別於高雄縣鳳山市、大樹鄉及田寮鄉進行調查番石榴、蓮霧、桑樹及番荔枝，每作物調查20株，共調查8次，調查時取植株上、中、下各一枝條，依序由心葉至老葉，分別調查計算葉正背面粉蝨形成之蟲巢數。

四、顏色粘片引誘試驗

於鳳山市選定龐達巢粉蝨爲害嚴重之五年生之蓮霧株，然後沿蓮霧株之樹冠分四邊懸掛不同顏色（白、黃、綠、藍）粘片，每一粘片之板面爲15×21.5㎝，共蓮霧8株，每隔一週換片及輪位一次，每一輪回四週，共輪2次。

五、防治試驗

民國87年10至11月於高雄縣鳳山市進行，供試驗作物爲蓮霧，處理有20％亞滅培 (Mospilan) SP 2,000倍、25％福化利 (Fluralinate) EC 3,000倍、9.6％益達胺 (Imidacloprid) SP 2,000倍、2.8％賽洛寧 (Cyhalothrin) EC 2,000倍、2.8％第滅寧 (Deltamethrin) EC 1,500倍、3％亞滅寧 (Alphacypermethrin) EC 1,000倍及不施藥共7處理，田間採逢機完全區集設計，1株×7處理×4重複＝28株，施藥一次，施藥前及施藥後7日、14日、21日及28日調查藥效，調查時每株取樣30葉片，計算葉片上之成蟲數作爲比較。

結果與討論

一、寄主植物種類之調查

經此次調查結果，在高屏地區寄主植物共有17科25種（表1），其中國外有記錄者爲檸檬、甜橙及酪梨[8]。在所調查寄主種類中受害較嚴重者有番荔枝、桑樹、香蕉、番石榴、酪梨及蓮霧，其餘寄主植物受害則較輕。由於龐達巢粉蝨之寄主國內外均乏人調查，故其寄主種類可能隨著分布範圍之擴大而增加。

二、龐達巢粉蝨為害調查

龐達巢粉蝨食性雜，可爲害多種植物，其爲害寄主部位以葉片爲主，發生嚴重時尙波及果實，在各種寄主之爲害程度，可依其快速分散能力及對天候之強適應力而增加。

成蟲產卵呈分散排列，並分泌白色蠟粉、蠟絲覆蓋卵上，藉以保護及固著。孵化後之若蟲於葉背吸食葉液，並分泌蜜露沾滴於葉面，引來黑霉菌之寄生而誘發煤病，阻礙葉片之光合、呼吸與散熱作用，促使葉片提早老化，進而導致嚴重枯萎。至2齡若蟲以後，由體背、側背部分泌白色蠟物，如蠟絲、蠟粉，形如鳥巢狀。

於高屏地區蓮霧主要產地調查其爲害情形如表2，第一年調查時僅數個鄉鎮發現此蟲爲害，其中甲仙被害葉率高達50.0％，因該調查點附近植有大量之酪梨，是否爲本地農民引進酪梨而夾帶本蟲侵入，令人存疑，而鳳山市蓮霧被害葉率亦高達42.8％，該園因不常噴殺蟲劑而使本蟲繁殖迅速，其他調查據點之蓮霧園之被害葉率介於14.4～29.0％之間。次年繼續作調查，發現此蟲已遍佈高、屏各鄉鎮，唯其爲害情形較第一年輕微，爲害率介於2.6～25.2％，可能爲該年5~9月雨量充沛，不利粉蝨之繁衍所致。

表 1. 龐達巢粉蝨之寄主植物調查

Table 1. Host plants of *P. bondari* recorded in southern Taiwan from 1998 to 2000

Host plants (科名)	English name	(Chinese name)
Anacarcliaceae (漆樹科)		
Mangifera indica Linn	Mango	(檬果)
Anonaceae (番荔枝科)		
Anona squamosa Linn	Sugarapple	(番荔枝)
Boraginaceae (紫草科)		
Cordia dichotoma Forst.f.	Sebastan plum cordia	(破布子)
Combretaceae (使君子科)		
Terminalia catappa Linn	Indian almound	(欖仁)
Ebenaceae (柿樹科)		
Diospyros kaki L.f.	Persimon	(牛心柿)
Euphorbiaceae (大戟科)		
Aleurites fordii Hemsl	Tumgoil	(油桐)
Bischofia jaranica Blumce	Red cedlar	(茄苳)
Lauraceae (樟科)		
Cinnamomum	Avocado[z]	(酪梨)
Camphora (L.)	Camphor tree	(樟樹)
Persea americana		
Leguminosae (豆科)		
Bauhinia variegata candida Linn	White bauhinia	(羊紫荊)
Magnoliaceae (木蘭科)		
Michelia alba DC	White michelia	(玉蘭花)
Malpighiaceae (黃褥花科)		
Prunus pseudocerasus Lindl	Cherry	(櫻桃)
Moraceae (桑科)		
Ficus retusa Linn	India laurel fig	(榕樹)
Morus australis Poir	Mulbeery	(桑樹)
Musaceae (芭蕉科)		
Musa sapientum Linn	Banana	(香蕉)
Myrtaceae (桃金孃科)		
Eucalyptup spp.	Lemon scented-gum	(桉樹類)
Eugenia uniflora Linn	Surinam cherry[z]	(菱果蒲桃)
Psidium guajave Linn	Guava	(番石榴)
Syzygium samarangeuse Linn	Waxapple	(蓮霧)
Oleaceae (木犀科)		
Jasminum sambac Ait	Arabian jasmia	(茉莉花)
Palmae (棕櫚科)		
Cocos nucifera Linn	Coconut	(可可椰子)
Rutaceae (芸香科)		
Citrus limon Linn	Lemon[z]	(檸檬)
Citrus reticulata Blanco	Ponkan[z]	(椪柑)
Citrus sinensis Linn	Orange[z]	(甜橙)
Rubiaceae (茜草科)		
Paederia chinensis Hance	Chinese fevervine	(雞屎藤)

[z] Also reported in other country.

表2. 龐達巢粉蝨於受害蓮霧園之調查

Table 2. Survey on the damage of nesting whitefly on waxapple

Localities		Date of survey	Rate of leaf infested (%)
Kaohsiung Hsien	(高雄縣)		
Niao-sung	(鳥松鄉)	1998. 8.2	29.0
Feng-shan	(鳳山市)	8.3	42.8
Tzy-guan	(梓官鄉)	9.1	16.4
Jea-shian	(甲仙鄉)	9.15	50.0
Lin-yuan	(林園鄉)	1999. 9.15	9.8
Luh-guei	(六龜鄉)	10.3	2.6
Ta-liau	(大寮鄉)	10.13	25.2
Mei-nong	(美濃鎮)	2000. 3.10	9.43
Pingtung Hsien	(屏東縣)		
Charng-jyh	(長治鄉)	1998. 8.19	19.6
Lin-louh	(麟洛鄉)	8.19	16.0
Kan-ding	(崁頂鄉)	8.22	21.0
Shin-yung	(新園鄉)	9.18	14.4
Lin-bian	(林邊鄉)	1999.10.5	5.0
Yan-bu	(鹽埔鄉)	10.16	17.8
Li-gang	(里港鄉)	10.23	14.6
Chaur-jou	(潮洲鎮)	2000. 3.3	7.22
Wan-dan	(萬丹鄉)	3.6	6.45
Sandih-men	(三地門鄉)	3.10	5.43
Average			17.37

三、龐達巢粉蝨於植物葉片上分佈調查

龐達巢粉蝨在各葉片分佈情形因寄主之不同而有差異，調查如表3所示，在蓮霧上以21~25葉次(由心葉往下數)之蟲巢數佔最多，6~10葉次次之，1~5葉次最少；在番石榴上則以6~10葉次佔最多，16~20葉次次之，1~5葉次最少，在桑樹上則以11~15葉次佔最多，16~20葉次次之，1~5葉次最少，在番荔枝上則以11~15葉次佔最多，16~20葉次次之，同樣是以1~5葉次最少。造成龐達粉蝨分布於各

表3. 龐達巢粉蝨於寄主植物葉片上分布調查

Table 3. The distribution of nesting whitefly on the leaf of host plant

Leaf Order	Distribution on	Nests no. of whitefly/leaf								Proportion (F/B)[z]
		waxapple	%	Guava	%	Mulberry	%	Sugarapple	%	
1-5	F	0.04	6.5	0.01	8.8	0.10	5.1	0.06	5.2	1 : 70.5
	B	1.08		1.85		2.90		2.35		
6-10	F	0.16	23.6	0.04	39.6	1.43	18.1	0.74	19.6	1 : 62.7
	B	3.88		8.35		9.12		8.34		
11-15	F	0.12	20.5	0.18	13.9	2.17	28.6	1.92	26.2	1 : 13.9
	B	3.40		2.77		14.56		10.22		
16-20	F	0.35	20.8	0.08	20.8	1.84	24.7	0.64	25.6	1 : 21.9
	B	3.22		4.33		12.58		11.23		
21-25	F	0.08	28.6	0.08	16.9	3.07	23.5	0.63	23.4	1 : 30.9
	B	4.82		3.52		10.64		10.22		

[z] F: adaxial leaf surface; B: abaxial leaf surface.

寄主葉次不同原因，可能受植株葉片構造，營養影響最大，大致上蟲巢以分布於中老葉片居多。

另龐達巢粉蝨分布於寄主植物葉片正背面也有差異，如表3所示，於蓮霧上以21～25葉次之背面蟲巢顯著多於葉面，6～10葉次次之，1～5葉次則差異較小，但仍以葉背蟲巢數較多；番石榴上則以6～10葉次之葉片正背蟲巢數差異最大，16～20葉次次之，1～5葉次則差異最少；桑樹上則以11～15葉次差異最顯著，16～20葉次次之，1～5葉次差異最少；番荔枝葉片則以16～20葉次差異最大、11～15葉次次之，1～5葉次差異最少。由各寄主葉次正背蟲巢數平均得值分別爲1：70.5、1：62.7、1：13.9、1：21.9，及1：30.9，各葉次均以葉背蟲巢數佔較多，其中以1~5葉次之葉正背面比值最爲明顯。

四、顏色粘片引誘試驗

供試四種顏色粘片中，對成蟲吸引之粘蟲數，以黃色最多，綠色次之，白色最少，黃色與綠色誘蟲數差異不顯著，但與白色及藍色均呈顯著性差異。由此推測龐達巢粉蝨飛離原葉時而另覓新葉時，顏色將是取向引導因子，其中黃、綠色是引誘其覓食及定居行爲之一因子，此行爲與大部份粉蝨相同[5]。

表4. 龐達巢粉蝨對不同顏色粘板之偏好性

Table 4. Preference of nesting whitefly to different colors of sticky trap (Oct.-Nov. 2000)

Sticky traps	Mean no. of adults/trap/8 date								
	10/5	10/12.	10/19	10/26	11/2	11/9	11/16	11/23	Mean[z]
Yellow	11.33	9.6	16.67	8.83	10.83	9.33	8.83	7.83	9.66 a
Green	10.17	7.16	5.50	8.33	8.33	7.33	8.53	9.83	8.15 a
Blue	0.16	1.00	0.50	0.33	6.33	0.33	0.83	0.50	1.25 b
White	0.12	0.30	0.50	0.10	6.22	0.14	0.56	0.02	0.37 b

[z] Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level (Duncan's multiple range test).

五、藥劑防治

龐達巢粉蝨主要分佈於寄主植物葉背，是故施藥防治時著重於葉背噴施均勻最爲重要，由試驗結果表5得悉，20 % Mospilan SP、9.6 % Imidacloprid SP、2.8 % Cyhalothrin EC及2.8 % Deltamethrin EC防治本蟲效果均相當良好，尤以殘效至28日仍保持相當效果。各參試藥劑之各種濃度處理在4次調查

表5. 藥劑對蓮霧龐達巢粉蝨之防治效果

Table 5. Efficacy of chemicals for control of nesting whitefly on waxapple (Aug.-Sept. 1998)

Treatment	Mean no. of whiteflies/30 nests				
		Day after treatment			
	Before	7	14	21	28
1. 20% Mospilan SP 2000X	315	5a[z](98.87)[y]	1a (99.80)	3a (99.27)	15a (96.91)
2. 25% Fluralinate EC 3000X	422	10a (98.31)	77b (87.68)	92b (83.24)	124b (79.87)
3. 9.6% Imidacloprid SP 2000X	357	1a (99.80)	1a (99.82)	7a (98.50)	15a (97.12)
4. 2.8% Cyhalothrin EC 2000X	308	14a (96.74)	15a (96.71)	19a (95.27)	28a (93.77)
5. 2.8% Deltamethrin EC 1500X	399	20a (96.40)	1a (99.84)	20a (96.15)	25a (95.71)
6. 3% Alphacypermethrin EC 1000X	343	36a (92.40)	85b (83.26)	103b (76.91)	132b (73.64)
7. C.K.	350	487b -	519c -	456c -	513c -

[z] Number followed by the same letter are not significantly different at the 5% level (Duncans's multiple range test).

[y] The figures inside the parenthesis indicate percentage of control.

中防治率均相當高；且蟲數均無顯著性差異，部份藥劑施後至28天調查，防治率仍保持90 %以上，是故本蟲之防治於發生期每個月施藥一次，即可收到相當良好效果。

誌 謝

本研究試驗期間承本分所翁瑞亨先生提供試驗地調查，洪瑞蘭、黃益美小姐及李明哲先生協助試驗，台大柯俊成老師提供文獻，謹誌一併謝忱。

引用文獻

1. 洪士程、何坤耀、柯俊成。1998。台灣新入侵龐達巢粉蝨寄主及分布調查。427~428頁。植保會刊87年論文摘要。
2. 溫宏治、吳文哲、柯俊成。1998。龐達巢粉蝨之爲害與防治。2~4頁。中華昆蟲87年論文摘要。
3. 溫宏治。1999。新入侵害蟲龐達巢粉蝨簡介。園藝之友74: 9~10。
4. Aguiar, A. M. E., and M. T. Pita. 1995. Contribution to the knowledge of the whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from Madera Island. Proceedings of the lst Symposium on the Fauna and Flora of the Atlantic Islands. Bole. Mus. Muni. Func. Suppl. 4: 285~309.
5. Byrne , D. N., and T. S. Bellows, Jr. 1991. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36: 431~57.
6. Garcia, E. J., C. Garijo, and S. Garcia. 1992. Presence of *Paraleyrodes* sp. Pr. citri (Bondar, 1931) (Homoptera: Aleyrodidae) in citrus orchards in Malaza province (Southern spain): biological and ecological aspects. Bol. Sam Veg. Plegas. 18(1): 3~9.
7. Marin. J. H. 1996. Neotropical whiteflies of the subfamily Aleurodicinae established in the western Palaearctic (Homoptera: Aleyrodidae) J. Nat Hist. 30: 1849~1859.
8. Mound, L. A., and S. H. Halsey. 1978. Whitefly of the world. British Museum. Natural History. p: 247.
9. Peracchi, A. L. 1971. Dois aleirodideos pragas de citrus no Brasil (Homoptera: Aleyrodidae). Archos Mus. Nae. Rio. De J. 54: 145~151.

Occurrence and Control of Nesting Whitefly (*Paraleyrodes bondari* Peracchi) in Southern Taiwan [1]

Hung-Chich Wen[2] and Chiou-Nan Chen[3]

Summary

The nesting whitefy (*Paraleyrodes bondari* Peracchi) was firstly recorded as a new insect pest of fruit tree in Taiwan in 1998. The host range of this pest was surveyed in southern Taiwan from 1998 to 2000, and 25 species of tree belonging to 17 families were recorded as its host plant. The infested leaves of wax apple ranged from 16.0 to 50.0 % with an average of 26.5 % in Kao-ping area. Though the distribution pattern of nesting whitefly on leaves of host plants was different, but It was observed mostly feeding on the abaxial leaf surface of middle-aged leaves. Adults were strongly attracted by the yellow and green colour sticky traps. These colours were important factors for finding host plants. The chemicals such as 9.6 % Imidacloprid SP, 2.8 % Cyhalothrin EC, 20 % Mospilan SP and 2.8 % Deltamethrin EC showed effective in controlling this whitefly.

Key words : *Paraleyrodes bondari*, Nesting whitefly, Host plant, Distribution, Control.

---

1. Contribution No.2079 from Taiwan Agricultural Research Insititate, Council of Agriculture.
2. Entomologist and Head, Department of Management and Utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan.
3. Professor of Entomology Department, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 66～76 (2001)

Checklist of Ledridae (Homoptera: Cicadelloidea) from Taiwan[1]

Hsien-Tzung Shih[2], Chyi-Chen Ho[2], Jeng-Tze Yang[3] and Shu-Pei Chen[2]

ABSTRACT: The family Ledridae consists of over 375 species in the world. Twenty-four species have been recorded from Taiwan, with 19 species (79.2%) be endemic. The checklist revises the distributional data, and provides information on type deposition, type locality and host plant.

Keywords: Taiwan, Ledridae, Checklist.

INTRODUCTION

Before 1940, Shonen Matsumura[23, 24, 25, 26, 27] did most of the taxonomic studies on the Taiwanese leafhoppers. The rest works were mainly done by Masayo Kato[20, 21, 22] and F. Schumacher (32, 33). After 1941, the taxonomy of Cicadelloidea of Taiwan had not been studied for 30 years. Then, beginning from 1970, taxonomy of Cicadelloidea is studied again by Chiang[4, 5], Chiang and Knight[6, 7], Chiang *et al.*[8, 9], Dworakowska[31], Huang[14, 15, 16, 17], Huang and Maldonado[18], and Huang and Viraktamath[19].

The above situation prompted the authors to glean the new information and made this annotated checklist. All literatures available to the authors before the end of 2000 have been included in this checklist. The authors hope to offer a useful data for the studies of biogeography and biodiversity of Ledridae. This work is the first one of serial researches on checklists of Taiwanese leafhoppers.

The family Ledridae was erected by Fairmaire in 1855 based on the type genus *Ledra* Fabricius 1803[29, 31], and consists of over 375 species in the world. There are 3 subfamilies, 5 tribes and 60 genera in Ledridae according to the taxonomic system of Metcalf[29]. Ledridae of Taiwan consists of 1 subfamily, 2 tribes, 9 genera, and 24 species. The species *Ledra auditura* Walker, *Tituria angulata* (Matsumura) and *Funkikonia tuberculata* (Kato) are recorded in Oriental and Palearctic Regions. *Epiclinata planata* (Fabricius) and *Petalocephala cultellifera* (Walker) have been reported from Taiwan and most countries of Oriental Region. The other 19 species, about 79.2 percent, are endemic to Taiwan.

The taxonomic system of this study bases mainly on the system of Metcalf[29]. New information about type deposition, distributional data, and host plant were provided. Three species of Ledridae with their host plant

---

1. Contribution No.2080 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Assistant, Research Fellow and Assistant, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung 413, Taiwan.

3. Associate professor of the Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan.

were recorded as new by the collecting experience of the first author.

Information on type depositions is abbreviated as below.

BMNH — British Museum (Natural History), London, UK.

DEIE — Deutschen Entomologischen Institutes, Eberswalde, Germany.

IZCAS — Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing, China.

LSEHU — Laboratory of Systematic Entomology, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

NMNS — National Museum of Natural Science, Taichung, Taiwan, R.O.C.

The distributional records are extracted mainly from the original publications of Cai and He[2], Cai and Huang[3], Kato[20, 21, 22], Matsumura[23], Nast[30], and Schumacher[32, 33], and the revision of Metcalf[29]. Metcalf[29], probably based on the articles of Kato[22] and Matsumura[26], listed Japan and Taiwan as the distributional area of *Ledra bilobata* Schumacher, *Ledra kosempoensis* Schumacher, *Epiclinata planata* (Fabricius), *Ledropsis takasagona* Kato, *Midoria capitata* Kato, *Parapetalocephala montana* Kato, *Petalocephala castanea* Kato, *Petalocephala formosana* (Matsumura), *Petalocephala horishana* (Matsumura), *Petalocephala quadrimaculata* (Matsumura), *Petalocephala rubromarginata* Kato, *Petalocephala taihorensis* Schumacher, *Petalocephala taikosana* Kato, *Petalocephala vittata* Matsumura, *Petalocephaloides laticapitata* Kato, Tituria *fuscipennis* Kato and *Tituria obtusa* Kato. However, Kato[22] only listed Taiwan as the distributional area of Taiwanese Ledridae, and Matsumura[26] did not give distributional data at all. We, therefore, emended these 17 species as endemic to Taiwan in this checklist, and mark each species name with a symbol of “ * ” in the text.

Family Ledridae Fairmaire, 1855

Subfamily Ledrinae Distant, 1907

Ledrinaria Distant, 1907. Soc. Ent. de Belg. Ann. 51: 185.

Ledrinae Evans, 1936. Roy. Soc. Tasmania Papers and Proc. 1936: 37- 38[29].

Tribe Ledrini Evans, 1947

Ledrini Evans, 1947. Ent. Soc. London Trans. 98: 106.

Genus Ledra Fabricius, 1803

Ledra Fabricius, 1803, Rhynchota. Systema Rhyngotorum: 24[29, 31].

Ledraria Rafinesque, 1815: 121[29, 30, 31]. (Type species: *Cicada aurita* Linné, 1758[30]).

Type species: *Cicada aurita* Linné, 1758. II. Hemiptera. Systema Naturae: 435[30].

1. *Ledra auditura* Walker, 1858

Ledra auditura Walker, 1858. Suppl. List Homopterous insects in BMNH: 249.

Type deposition: BMNH[35].

Type locality: Hong Kong Island[35].

Distribution: Russia, China, Korean Peninsula[30], Japan (Honshu, Kyushu, Shikoku), Taiwan[22], Java.

Host plants: *Pyrus* sp. (Rosaceae), *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae), Fagaceae[22].

2. *Ledra bilobata* Schumacher, 1915b *

Ledra bilobata Schumacher, 1915b. Suppl. Ent. 4: 119.
Type deposition: DEIE[13].
Type locality: Kosempo [Chiasien], Kaoshoen County, Taiwan[33].
Distribution: Taiwan[22, 33].
Host plant: Unknown.

3. *Ledra kosempoensis* Schumacher, 1915b *

Ledra kosempoensis Schumacher, 1915b. Suppl. Ent. 4: 118.
Type deposition: DEIE[13].
Type locality: Kosempo [Chiasien], Kaoshoen County, Taiwan[33].
Distribution: Taiwan[22, 33].
Host plant: Unknown.

Tribe Petalocephalini Metcalf, 1962

Petalocephalini Metcalf, 1962. General Catalogue of the Homoptera. Fascicle VI. Cicadelloidea. Part 4. Ledridae: 58.

Genus *Epiclinata* Metcalf, 1952

Epiclines Amyot and Serville, 1843. Hemipteres 1843: 577. (Type species: *Epiclines planata* (Fabricius, 1794) [29]).
Epiclinata Metcalf, 1952. Wash. Acad. Sci. Jour. 42: 228.
Type species: *Membracis planata* Fabricius, 1794. Rhyngota. Entomolgia Systematica Emendata et Aucta 4: 11 [29].

4. *Epiclinata planata* (Fabricius, 1794) *

Membracis planata Fabricius, 1794. Rhyngota. Entomolgia Systematica Emendata et Aucta 4: 11 (29).
Ledra planata Fabricius, 1803. Rhyngota. Systema Rhyngotorum: 25[29].
Epiclines planata Amyot and Serville, 1843. Hemipteres. 1843: 578.
Tituria planata Stål, 1869. Svenska Vetensk. Akad. Handl. 8(1): 59[29].
Type deposition: Unknown.
Type locality: India[29].
Distribution: India (Assam, Calcutta[21], Darjiling[21], East Indies, Madras), Nepal, Pakistan, Bengal, Indochina, Burma [Tenasserim], Cambodia, Siam [Thailand], Malaysia (Malacca), Taiwan[22].
Host plant: Unknown.

Genus *Funkikonia* Kato, 1931

Funkikonia Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 438.
Type species: *Ledra tuberculata* Kato, 1929. Formosa Nat. Hist. Soc. Trans. 19: 545.

5. *Funkikonia taiwana* Cai and Huang, 1998

Funkikonia taiwana Cai and Huang, 1998. Jour. Anhui Agric. Univ. 25(3): 211, 215.
Type deposition: IZCAS and NMNS[3].
Type locality: Tsuifeng, Nantou County, Taiwan[3].
Distribution: Taiwan[3].
Host plant: *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst. (Fagaceae) (Collected from Nantou, Taiwan by the writers). (**New Record**).
Remark: Specimens in TARI were collected by the first author, who is also one of the collectors of all type specimens, from Tsuifeng, Nantou County in Oct. 20, 2000.

6. *Funkikonia tuberculata* (Kato, 1929)

Ledra tuberculata Kato, 1929. Formosa Nat. Hist. Soc. Trans. 19: 545.
Funkikonia tuberculata Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 438.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Fenchifu, Chiai County, Taiwan[20].
Distribution: Taiwan[20, 22], Japan (Ryukyu Is.)[20].
Host plant: Unknown.

Genus *Kuohledra* Cai and He, 1997

Kuohledra Cai and He, 1997. Wuyi Sci. Jour. 13: 8, 14.
Type species: *Kuohledra kuohi* Cai and He, 1997: 8, 15.

7. *Kuohledra zhaoi* Cai and He, 1997

Kuohledra zhaoi Cai and He, 1997. Wuyi Sci. Jour. 13: 10, 15.
Type deposition: IZCAS and NMNS[2].
Type locality: Tsuifeng, Nantou County, Taiwan[2].
Distribution: Taiwan[2].
Host plant: *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst. (Fagaceae). (**New Record**).
Remark: Specimens in TARI were collected by the first author, who is also one of the collectors of all type specimens, from Tsuifeng, Nantou County in Oct. 20, 2000.

Genus Ledropsis White, 1844

Ledropsis White, 1844. Ann. Mag. Nat. Hist. 14: 425.
Scaphocephalus Matsumura, 1905. 1000 Insects of Japan 2: 52[29, 31]. (Type species: *Scaphocephalus discolor* (Uhler, 1896)[29])
Type species: *Ledropsis cancroma* White, 1844a. Ann. Mag. Nat. Hist. 14: 426.

8. *Ledropsis takasagona* Kato, 1931 *

Ledropsis takasagona Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 437.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Horisha [Puli], Nantou County, Taiwan[21].
Distribution: Taiwan[21, 22].

Host plant: Unknown.

Genus *Midoria* Kato, 1931

Midoria Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 439.

Type species: *Midoria capitata* Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 439.

9. *Midoria capitata* Kato, 1931 *

Midoria capitata Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 439.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Koshun [Henchun], Pingtung County, Taiwan(21).
Distribution: Taiwan(21, 22).
Host plant: Unknown.

Genus *Parapetalocephala* Kato, 1931

Parapetalocephala Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 435.

Type species: *Parapetalocephala montana* Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 435.

10. *Parapetalocephala montana* Kato, 1931 *

Parapetalocephala montana Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 435.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Mt. Niitaka, Nantou County, Taiwan(21).
Distribution: Taiwan(21, 22).
Host plant: Unknown.

Genus *Petalocephala* Stål, 1854

Petalocephala Stål, 1854. Svenska Vetensk. Akad. Öfversigt af Förhandl. 11: 251(31).
Petalocera Hansen, 1890. Ent. Tidskr. 11: 68(29). (Type species: *Petalocera bohemani* (Stål, 1854)(29)).
Pachyledra Schumacher, 1912. Wien. Ent. Ztg. 31: 248(31). (Type species: *Pachyledra kamerunensis* Schumacher, 1912(31)).
Peltocephala Handlirsch, 1925. Schröder's Handbuch der Entomologie 3: 1120(29).

Type species: Petalocephala bohemani Stål, 1854: 251(29).

11. *Petalocephala castanea* Kato, 1931 *

Petalocephala castanea Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 434.
Type deposition: Unknown.
Type localities: Arisan, Chiai County; Tattaka [Sungkang], Nantou County, Taiwan(21).
Distribution: Taiwan(21).
Host plant: Unknown.

12. *Petalocephala cultellifera* (Walker, 1857)

Ledra cultellifera Walker, 1857. Jour. Proc. Linn. Soc., London 1: 98.
Petalocephala cultellifera Distant, 1908. The fauna of British India, including Ceylon and Burma. Rhynchota, vol. 4 (Homoptera and Appendix): 164.
Type deposition: BMNH[34].
Type locality: Singapore[34].
Distribution: Dajiling, Taiwan[21], Singapore Island, Bengal, Sikkim, Perak Island, Malay Peninsula.
Host plant: Unknown.

13. *Petalocephala formosana* (Matsumura, 1912) *
Lepropsis formosana Matsumura, 1912. Annot. Zool. Jap. 8: 29.
Petalocephala formosana Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 434.
Type deposition: LSEHU[23].
Type locality: Kagi [Chiai], Chiai County, Taiwan[23].
Distribution: Taiwan[23].
Host plant: Unknown.

14. *Petalocephala horishana* (Matsumura, 1912) *
Ledropsis horishana Matsumura, 1912. Annot. Zool. Jap. 8: 30.
Petalocephala horishana Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 435.
Type deposition: LSEHU[23].
Type locality: Horisha [Puli], Nantou County, Taiwan[23].
Distribution: Taiwan[23].
Host plant: Unknown.

15. *Petalocephala koshunensis* Schumacher, 1915a
Petalocephala koshunensis Schumacher, 1915a. Berlin Zool. Mus. Mitt. 8: 92.
Type deposition: DEIE[13].
Type locality: Koshun [Henchun], Pingtung County, Taiwan[32].
Distribution: Taiwan[32].
Host plant: Unknown.

16. *Petalocephala quadrimaculata* (Matsumura, 1912) *
Ledropsis 4-maculata Matsumura, 1912. Annot. Zool. Jap. 8: 32.
Petalocephala quadrimaculata Schumacher, 1915a. Berlin Zool. Mus. Mitt. 8: 93.
Type deposition: LSEHU[23].
Type locality: Koshun [Henchun], Pingtung County, Taiwan[23].
Distribution: Taiwan[23].
Host plant: Unknown.

17. *Petalocephala rubromarginata* Kato, 1931 *
Petalocephala rubromarginata Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 433.

Type deposition: Unknown.
Type locality: Tattaka Sungkang, Nantou County, Taiwan[21].
Distribution: Taiwan[21, 22].
Host plant: Unknown.

18. *Petalocephala taihorensis* Schumacher, 1915a *

Petalocephala taihorensis Schumacher, 1915a. Berlin Zool. Mus. Mitt. 8: 92.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Taihorin [Talin], Chiai County, Taiwan[32].
Distribution: Taiwan[32].
Host plant: Unknown.

19. *Petalocephala taikosana* Kato, 1931 *

Petalocephala taikosana Kato, 1931: 434.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Mt. Taiko near Kagi [Chiai], Chiai County, Taiwan[21].
Distribution: Taiwan[21].
Host plant: Unknown.

20. *Petalocephala vittata* Matsumura, 1912 *

Ledropsis vitatta Matsumura, 1912. Annot. Zool. Jap. 8: 31.
Type deposition: LSEHU[23].
Type locality: Horisha [Puli], Nantou County, Taiwan[23].
Distribution: Taiwan[22, 23].
Host plant: Unknown.

Genus *Petalocephaloides* Kato, 1931

Petalocephaloides Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 436.
Type species: *Petalocephaloides laticapitata* Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 436.

21. *Petalocephaloides laticapitata* Kato, 1931 *

Petalocephaloides laticapitata Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 436.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Mt. Taiko, Chiai County, Taiwan[21].
Distribution: Taiwan[21].
Host plant: Unknown.

Genus *Tituria* Stål, 1865

Tituria Stål, 1865. Svenska Vetensk. Akad. Öfversigt af Förhandl. 22: 158[29].
Type species: *Tituria nigromarginata* Stål, 1865 Svenska Vetensk. Akad. Öfversigt af Förhandl. 22: 158[29].

22. *Tituria angulata* (Matsumura, 1912)

Petalocephala angulata Matsumura, 1912. Annot. Zool. Jap. 8: 32.
Tituria angulata Schumacher, 1915a. Berlin Zool. Mus. Mitt. 8: 92.
Type deposition: LSEHU[23].
Type localities: Koshun [Henchun], Pingtung County; Heirimbi [Pinglin], Taipei County, Taiwan[23].
Distribution: Taiwan[23, 32], Japan (Yakushima)[22].
Host plant: *Maesa tenera* Mez. (Myrsinaceae) (Collected from Pingtung, Taiwan by the writers). (**New Record**).
Remark: Specimens in TARI were collected by the first author from Shuangliu, Pingtung County in May 2, 2000.

23. *Tituria fuscipennis* Kato, 1929 *

Tituria fuscipennis Kato, 1929. Formosa Nat. Hist. Soc. Trans. 19: 546.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Mt. Alishan, Chiai County, Taiwan[20].
Distribution: Taiwan[20, 22].
Host plant: Unknown.

24. *Tituria obtusa* Kato, 1931 *

Tituria obtusa Kato, 1931. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 432.
Type deposition: Unknown.
Type locality: Kankau, Pingtung County, Taiwan[21].
Distribution: Taiwan[21, 22].
Host plant: Unknown.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to express their cordial thanks to Drs. Lois B. O'Brien and Charles W. O'Brien (Florida A & M University, U.S.A.) for the Oriental Ledridae and Cercopoidea specimens they kindly sent us. We also thank to Dr. Reinhard Gaedike (DEIE), Dr. Ursula Gollner-Scheiding and Mr. Peter Schonefeld (Museum fur Naturkunde der Humboldt Universitat, Berlin, Germany), Dr. Kun-wei Huang and Ms. Mei-ling Chan (NMNS), Dr. Prof. A. F. Emel'yanov (Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, Russian Federation), Dr. Satoshi Kamitani (Kyushu University, Japan), and Dr. Ping Cai (Zhejiang Agricultural University, Hangzhou, China) for bibliographic assistance, and Miss Min-ling Hong have with typing the manuscript. This work was financially supported in part by the National Science Council (PPP project: 8702PPP16).

REFERENCES

1. Amyot, C. J. B., and J. G. A. Serville. 1843. Deuxieme partie. Homopteres. Homoptera Latr. Histoire Naturelle des Insectes. Hemipteres 1843: 1 — 676.
2. Cai, P., and J. H. He. 1997. A new and a newly recorded genera of Ledridae from China, with descriptions of four new species. Wuyi Sci. Jour. 13: 8- 15. (In Chinese, with English summary.)
3. Cai, P., and K. W. Huang. 1998. Two new species of the Genus *Funkikania* Kato and a new allied genus (Homoptera:

Cicadellidae: Ledrinae). Jour. Anhui Agric. Univ. 25(3): 211- 216. (In Chinese, with English summary.)

4. Chiang, C. C. 1991. A new species of *Aequoreus* from Taiwan (Homoptera: Cicadellidae: Nirvaninae). Jour. Taiwan Mus. 44(1): 79- 81.
5. Chiang, C. C. 1996. Studies on the Genus *Balclutha* (Homoptera: Cicadellidae) of Taiwan. Jour. Taiwan Mus. 49 (1): 61- 71.
6. Chiang, C. C., and W. J. Knight. 1990. Studies on Taiwanese Typhlocybinae (Homoptera: Cicadellidae) (IV) Tribe Erythroneurini. Bull. Nat. Mus. Natural Science 2: 191- 255.
7. Chiang, C. C., and W. J. Knight. 1991. Mileewanini of Taiwan. Jour. Taiwan Mus. 44 (1): 117- 124.
8. Chiang, C. C., P. P. Lee, and W. J. Knight. 1988. Studies on Taiwanese Typhlocybinae (Homoptera: Cicadellidae) (I) Tribe Zyginellini. Jour. Taiwan Mus. 41 (1): 103- 112.
9. Chiang, C. C., T. C. Hsu, and W. J. Knight. 1990. Studies on Taiwanese Typhlocybinae (Homoptera: Cicadellidae) (III) Tribe Dikraneurini. Jour. Taiwan Mus. 43(1): 23- 24.
10. Distant, W. L. 1907. Contributions to a knowledge of the Ledrinae. Soc. Ent. de Belg. Ann. 51: 185- 197.
11. Distant, W. L. 1908. The fauna of British India, including Ceylon and Burma. Rhynchota, vol. 4 (Homoptera and Appendix): 158- 182.
12. Evans, J. W. 1947. A natural classification of leaf-hoppers (Jassoidea, Homoptera). Ent. Soc. London Trans. 98: 105- 271.
13. Gaedike, H. 1971. Katalog der in den Sammlungen des ehemaligen Deutschen Entomologischen Institutes aufbewahrten Typen- VI. Beitr. Ent. 21(3/6): 315- 340.
14. Huang, K. W. 1989a. Nirvanini of Taiwan (Homoptera: Cicadellidae: Nirvaninae). Bull. Soc. Entomol. (NCHU) 21: 61- 76.
15. Huang, K. W. 1989b. Redescription of three species of *Hecalus* of Taiwanand with male genital characters of *Ophiuchus basilanus* (Homoptera: Cicadellidae). Bull. Soc. Entomol. (NCHU) 22: 14- 20.
16. Huang, K. W. 1992. Taxonomy of Evacanthini of Taiwan (Homoptera: Cicadellidae: Cicadellinae). Bull. Nat. Mus. Natural Science 3: 159- 185.
17. Huang, K. W. 1994. Supplement of Nirvanini of Taiwan (Homoptera: Cicadellidae: Nirvaninae). Chinese Jour. Entomol. 14: 83- 88.
18. Huang, K. W., and C. J. Maldonado. 1992. Idiocerinae of Taiwan (Homoptera: Cicadellidae). J. Taiwan Mus. 45 (1): 1- 14.
19. Huang, K. W., and C. A. Viraktamath. 1993. The Macropsine leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) of Taiwan. Chinese Jour. Entomol. 13: 361- 373.
20. Kato, M. 1929. Descriptions of some new Formosan Homoptera. Formosa Nat. Hist. Soc. Trans. 19: 540- 551.
21. Kato, M. 1931. Japanese Ledridae. Zool. Soc. Japan, Tokyo, Dobustsugaku Zasshi 43: 432- 440.
22. Kato, M. 1933. Homoptera. Three color illustrated insects of Japan, 4: 1-9; pls. 1- 50.
23. Matsumura, S. 1912. Die Cicadinen Japans II. Annot. Zool. Jap. 8: 15- 51.
24. Matsumura, S. 1914. Die Japssinen und einige neue Acocephalinen Japans Sapporo Col. Agr. Jour. 5: 165- 240.
25. Matsumura, S. 1931. A revision of Palaearctic and Oriental Typhlocybid genera, with descriptions of new species and new genera. Insecta Matsumurana 6: 55- 91.
26. Matsumura, S. 1932. New species and genera of insects from Japan described during the year 1931. Insecta Matsumurana 6: 192- 198.
27. Matsumura, S. 1940. Homopterous insects collected at Kotosho (Botel Tabago) Formosa by Mr. Tadao Kano. Insecta Matsumurana 15: 34- 51.
28. Metcalf, Z. P. 1952. New names in the Homoptera. Wash. Acad. Sci. Jour. 42: 226- 231.
29. Metcalf, Z. P. 1962. General catalogue of the Homoptera. Fasc. VI. Cicadelloidea. Part 4. Ledridae. Baltimore, MD: Waverly Press. 147 pp.
30. Nast, J. 1972. Palaearctic Auchenorrhyncha (Homoptera) an annotated check list. Warszawa. 550pp.
31. Oman, P. W., W. J. Knight, and M. W. Nielson. 1990. Leafhoppers (Cicadellidae): A Bibliography, Generic Check-List and Index to the World Literature 1956- 1985. C. A. B. International Institute of Entomology. Wallingford, England. 368pp.
32. Schumacher, F. 1915a. Der genenwartige stand unserer Kenntnis von der Homopteren — Fauna der Insel Fomosa unter besonderer Berucksichtigung von Sauter's schem Material. Berlin Zool. Mus. Mitt. 8: 73 — 134.
33. Schumacher, F. 1915b. Homoptera in H. Sauter's Formosa — Ausbeut. Suppl. Ent. 4: 108 — 142.

34. Walker, F. 1857. Catalogue of the Homopterous insects collected at Singapore and Malacca by Mr. A. R. Wallace, with descriptions of new species. Jour. Proc. Linn. Soc., London 1: 82- 100.

35. Walker, F. 1858. Supplement. List of the specimens of Homopterous insects in the collection of the British Museum 1858: 1-307.

36. White, A. 1844. Descriptions of some new species of Coleoptera and Homoptera from China. Ann. Mag. Nat. Hist. 14: 422-426.

臺灣產耳葉蟬科名錄（同翅目：葉蟬總科）[1]

石憲宗[2] 何琦琛[2] 楊正澤[3] 陳淑佩[2]

摘要：全世界已知的耳葉蟬科種類已超過375種。已記錄的臺灣產耳葉蟬科有24種，其中19種 (79.2%) 僅分佈於臺灣。本名錄修訂臺灣產耳葉蟬的分布資料，並提供模式標本存放處、模式標本產地及寄主植物之資訊。

關鍵詞：臺灣、耳葉蟬科、名錄。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2080號。
2. 本所應用動物系助理、研究員、助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 國立中興大學昆蟲系副教授。臺灣省 臺中市。

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 77～87 (2001)

精準農業水稻試驗農場之建立與運作[1]

賴吉雄[2] 楊清祥[2] 陳邦華[2] 陳志昇[2] 劉嘉仁[2] 陳烈夫[2] 呂秀英[3]

摘要：精準農業是八十年代初期國際農業領域發展的一門新技術，其管理耕地的方式是以經濟、合理之農業投入，來獲得各方面最高回報的一種管理策略，對環境衝擊最小，是農業發展的必然趨勢。爲因應世界潮流及配合國內整體試驗研究需要，「水稻精準農業體系研究」先驅計畫特於本所設置共同試驗農場，面積10.83公頃，共分164小區，每小區25×25平方公尺，辦理農場硬體規劃施設及農機整備。以農場運作爲主體，接納各不同領域專家之試驗要求，引進相關概念與技術，研擬建立作業流程與管理體系，進行大面積水稻栽培，藉以提供各學門專家同時進行相關調查研究，於經營管理運作過程中求取經驗，探討日後建立精準農業耕作管理體系之可能方向，並將各田區在各方專家提供條件下，其於栽培過程中遭遇之問題與生產結果提供各方參考。經一年兩期作之結果，目前的農耕管理作業符合精準農業之需求，各田區間亦能因品種、插秧期、氣候、土壤、地震及前期作等不同因素影響表現其差異，可供各方來年規劃進一步試驗研究之參考。

關鍵詞：精準農業、水稻、產量圖。

前　言

精準農業具有改善資源利用、增加利潤、減少農業生產對環境影響的潛力，被定義爲是一種利用資訊技術，從多種管道獲取資料資源以支持作物生產決策的管理策略[1, 4, 6, 7, 8]，其藉由鑑定、分析與管理等特定農田、農作物或土壤在時空上的變異，瞭解每塊耕地的土壤特性以及某種農作物的生長特性，從而確定在這塊土地上的最適當的種子、肥料、灌溉、農藥等農業資源之投入，進而獲得最經濟收益並兼顧環境保護和生態維護，確保農業的永續經營與發展的農業新科技。迄今，國際上關於精準農業的研究尚處於發展的幼年時期，支持技術產品也尚待不斷深化研究中[2, 3, 5]，近年來我國對此亦漸重視，並由相關研究機關學校進行相關試驗，唯每受限於農場規模，以往均爲小塊田區作試驗研究，現爲求擴大規模，本所自2000年一期作起提供10公頃以上之農場試驗田，設置精準農業水稻農場，辦理大面積水稻栽培與農場作業管理體系之相關研究，及提供各學門專家做爲相關研究之標的，在各方配合下，工作進展順利，並獲致初步結果。本文雖爲第一年兩期作之產量試驗資料，且其中諸多狀況有待後續驗證改進與創研，但因本項試驗爲嶄新之多學門共同利用之田間試驗，其期初田間狀況、農場運作管理及相關之產量等資料，爲後繼新的科技技術投入與相關研究之重要參考依據，各方催討甚急，因此予以提前彙整提出，以便各方參考。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2081號。
2. 本所農場管理室研究員兼主任、助理研究員、助理研究員、助理、助理、助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農藝系研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

一、設置精準農業水稻試驗農場

預定規劃試驗田10公頃，經於2000年一期作緊急調撥本所農場相毗連之試驗田20塊田區（每一田區面積均在0.5公頃以上），規劃做爲本計畫水稻大面積栽培試驗田，配合大面積試驗需要，全面進行田區整理及配合田間作業辦理田埂與灌排水溝等田間設施整修，並依預定作業進度整備作業機具、器材、物料及作業人力等生產要素適時投入。

二、精準農業水稻農場經營作業管理

依據本計畫整體試驗需要，進行大面積水稻栽培耕作管理作業，各期作均事先撰擬田間作業流程與工作內容，再與相關學門專家洽商編訂工作預定表據以實施（表1及表2）。2000年一期作所有田區全部採用水稻臺農67號爲供試品種，二期作38、42兩編號田區則改種臺農71號、其他田區仍爲臺農67號。採育苗移植方式依慣行農時插秧，田間各項作業均依事先商定之作業流程、作業方式與施肥施藥用量，以適當農機具按時進行農耕作業管理。

表1. 2000年一期作農場田間主要作業預定進度表

Table 1. Schedule of the farming preparation work in the first crop season of 2000

預定作業日期	工作項目	工　作　內　容
1999年12月至2000年1月	田區整備	育苗用土取土、綠化場地整理準備、灌排水溝整理維修、田畔雜草清除、本田旱整地、曬田。
1月1日至1月20日	育苗用土準備	育苗用土粉碎同時混合硫酸錏、過磷酸鈣、氯化鉀等肥料以每箱依次8、8、4公克用量攪拌均勻備用。
1月23日	浸種、消毒、催芽	稻種水選、浸種三天、每天至少換水二次、用50%免賴得粉劑1000倍稀釋液浸漬12小時消毒，裝於袋內保溫促使發芽整齊。
1月24日	本田灌溉整地	灌溉系統正常通水，開始引水春耕整地。
1月28日	育苗	採用水稻育苗一貫作業機育苗並以25%依得利二千倍稀釋液消毒，堆積催芽於芽長頂到上箱底部時移往秧田綠化管理。
1月31日至2月18日	秧田管理	注意防寒保溫及水份管理、於2.5葉齡掀開塑膠布進行硬化管理。
2月9日至2月11日	本田施基肥整地蓋平	施基肥台肥39號複合肥料300kg/ha，同時整地蓋平。
2月14日至2月18日	機械插秧淺水灌排管理	插秧行株距30×18cm，每叢支數3~5本爲準，插秧後隨即處理福壽螺、淺水灌排管理。
2月19日至2月24日	殺草劑施用	5%丁基拉草粒劑30kg/ha保持積水3~5日。
2月29日至3月3日	第一次追肥	本田排水後施台肥1號複合肥料100kg/ha。
3月13日至3月18日	第二次追肥	本田排水後施台肥1號複合肥料200kg/ha。
3月5日至3月25日	水田雜草期中處理	插秧後20至40日本田發生鴨舌草、螢藺等雜草時，噴本達隆溶液200倍稀釋液防治。
3月15日至3月20日	第一次病蟲害防治	於幼株期發現葉鞘變黃達10~15%以上時施藥，6%培丹粒劑30kg/ha防治二化螟蟲、縱捲葉蟲等。
3月25日起	曬田及灌水	排水曬田至田面龜裂後恢復田水管理。
4月1日至4月5日	第二次病蟲害防治	40%加保扶水懸液1.2l/ha、50%維利黴素1 l/ha千倍稀釋液防治蟲害及紋枯病，另備藥視狀況防治稻熱病及白葉枯病等。
4月20日至4月25日	第三次追肥（穗肥）	於幼穗形成0.2公分長時排水後施硫酸錏160kg/ha。施肥後第三天行深水灌溉至幼穗形成完成期。
4月15日至4月30日	第三次病蟲害防治	同第二次病蟲害防治，用藥視實際需要依植物保護手冊推薦靈活運用防治。
5月15日至6月10日	第四次病蟲害防治	抽穗前及齊穗後視狀況各施藥一次，防治頸稻熱病及其他病蟲。
6月20日起	收穫前排水	收穫前七天全面排水。
6月27日起	收穫調製及產量調查	收穫作業配合相關各組產量調查、調製烘乾、入庫、產品處分。

表2. 2000年二期作農場田間主要作業預定進度表

Table 2. Schedule of the farming preparation work in the second crop season of 2000

預定作業日期	工作項目	工作內容
2000年7月1日至7月20日	田區整備	育苗用土取土、綠化場地整理準備、灌排水溝整理維修、田畔雜草清除、曬田。
7月10日至7月12日	育苗用土準備	育苗用土粉碎同時以每箱混合硫酸銨四公克、過磷酸鈣四公克、氯化鉀二公克攪拌均勻備用。
7月15日至7月18日	浸種、消毒	稻種水選、浸種三天、每天至少換水二次、用50%免賴得可濕性粉劑稀釋千倍液浸漬12小時消毒，裝於袋內排出過多水分便於播種管理。
7月10日至7月27日	本田灌溉及整地	引水灌溉及整地、將前期作剪斷稻草耕犁入田。
7月19日至7月21日	育苗	採用水稻育苗一貫作業機育苗並以25%依得利二千倍稀釋液消毒，堆積催芽於芽長頂到上箱底部時移往秧田綠化管理。
7月21日至8月5日	秧田管理	注意防鳥害、二期高溫、豪雨沖刷及水分管理。
7月27日至8月1日	本田施基肥整地蓋平	基肥使用台肥39號複合肥料300kg/ha均勻撒佈後隨即整地蓋平。
8月1日至8月5日	插秧	採用六行式動力插秧機移植，行株距30x18cm，每叢支數3~5本為準。
8月3日至8月9日	殺草劑施用	5%丁基拉草粒劑30kg/ha保持積水3~5日。
8月11日至8月16日	第一次追肥	本田排水後施台肥1號複合肥料100kg/ha。
8月21日至9月10日	第二次追肥	本田排水後施台肥1號複合肥料200kg/ha。
8月21日至9月10日	水田雜草期中處理	插秧後20至40日本田發生鴨舌草、螢藺等雜草時，噴本達隆溶液200倍稀釋液防治。
9月10日至9月20日	第一次病蟲害防治	於幼株期發現葉鞘變黃達10~15%以上時施藥，6%培丹粒劑30kg/ha防治二化螟蟲、縱捲葉蟲等。
9月10日至9月15日	曬田及灌水	排水曬田至田面龜裂後恢復田水管理。
9月20日至9月25日	第二次病蟲害防治	40%加保扶水懸液1.2 l/ha、50%維利黴素1l/ha千倍稀釋液防治蟲害及紋枯病，另備藥視狀況防治稻熱病及白葉枯病。
9月15日至9月20日	第三次追肥（穗肥）	排水後施硫酸銨160kg/ha。
9月27日至10月2日	第三次病蟲害防治	同第二次病蟲害防治，用藥視實際需要靈活運用防治。
10月5日至11月10日	第四次病蟲害防治	抽穗前及齊穗後視狀況各施藥一次。
11月22日起	收穫前排水	收穫前七天全面排水。
11月30日至12月30日	收穫調製及產量調查	收穫作業配合相關各組產量調查、調製烘乾、入庫、產品處分。

收穫時，先將各編號田區分割成七～十二塊調查小區（田區編號分配示如圖1）。為瞭解各調查小區內的產量變異性，從各小區內四個逢機點以人工收割方式各取樣25株，共100株，先估算其取樣產量，然後同一編號田區內其餘稻株再配合整區機械採收。因此，各編號田區總產量 (T) ＝該編號田區內所有小區人工取樣總產量 (ΣY_i) ＋機械採收產量 (Z)。而各編號田區總產量乘以小區取樣比率，可進而推算出該田區內各小區的產量，即$T \times (Y_i \div \Sigma Y_i)$。各田區採收之濕穀分別以循環式乾燥機單獨烘乾作業，於水份含量降至13 %時出穀袋裝，逐袋過磅，計算稻穀產量後，再根據各田區實際面積以換算成各田區及各小區公頃產量，最後製成耕地產量圖 (yield map)。

三、精準農業水稻農場管理體系之研究

以一般水稻農場經營管理經驗為基礎，於本計畫之實施執行過程中，觀察各種精準農業措施、器材次第投入生產農場，對農場原有軟硬體之承受、衝擊與調適之變化，藉以研究未來在精準農業耕作體系下，水稻農場軟硬體經營管理體系應有之改變與配合。從農場設備、作業機具、材物料、作業流程、人員及資訊等必要生產要素予以分析整合，研究建立新的農場管理體系。

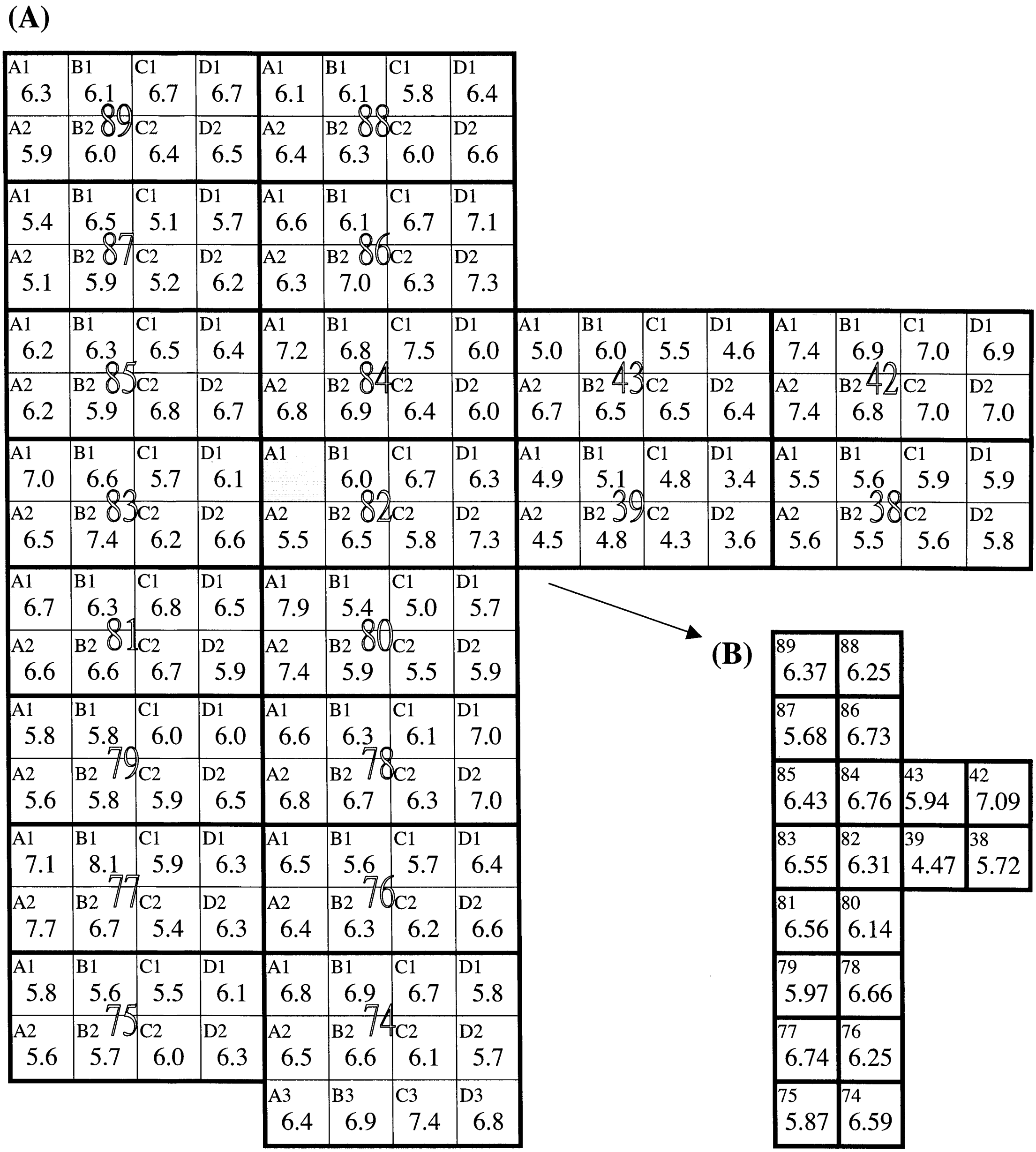


圖 1. 2000年一期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。（1000公斤/公頃；灰色區域爲氣象站）

Fig. 1. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the first crop season of 2000. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

結果與討論

一、設置精準農業水稻試驗農場

經於2000年一期作於本所農場內緊急調撥相毗連之試驗田20區，每一田區邊寬均爲50公尺、長100公尺許，灌、排水溝均分別置於田區兩側，均採溝圳排灌水，各面積最小0.5公頃、最大0.78公頃，總面積達10.83公頃，均事先予以水田整平，全面檢修農、水路及辦理部分灌水溝更新工程。並完成插秧機、乾燥機、搬運車及雜項器材等農機具之購用，及以本所其他現有作業機具器材物料及人力等適時投入。另爲便於田區辨識豎立計畫大標示牌2面，各田區號碼小標示牌20面。以適當之農場設施提供最佳之時空條件、完成精準農業水稻試驗農場之設置。

因爲本計畫試區之各試驗田區原本分別各有其用途，各田區均有不同試驗項目持續進行中，且原本各有其不同之輪作之預期，本計畫田間試驗要求必爲相毗連之田區，且面積高達10公頃，雖在政策考量下靈活調度尙能如期達成。但於一期作時仍衍生下列問題：其一，緊急調撥之20塊田區，其前期作物雖皆爲短期作物，但作物種類不同，生育期不一採收期各異，幸賴相關研究人員協助提前採收，得使2000年一期作大部分試區插秧期集中於二月中旬，但仍有（39、82號）二田區拖延至三月下旬始能騰空整地插秧，所幸尙未逾越農時。其二，各田區原本水旱田皆有，使用條件互異，今緊急全部做爲水田使用，其田地整理及設施修整等工作，備極緊張，所幸尙能滿足計畫需求。其三，本所農場面積雖大，但集中面積仍然有限，突然增加撥用毗連之試區達10公頃，其排擠效應造成整體試驗田區調度分配極大困擾，前二項困難在二期作已不再發生，此處理經驗可供將來精準農業擴大推廣時參考。

二、精準農業水稻農場經營作業管理

進行10.83公頃之大面積水稻栽培管理，2000年一期作各田區自2月14日開始插秧至3月29日結束，並自6月20日開始採收至7月24日結束，整個作業流程及產量調查等作業均與相關各學門專家保持連繫配合，依其共同需求，製作田間主要作業預定進度表及執行狀況作業表（表1及表3），執行進展順利。二期作於8月1日至5日完成插秧，隨即完成相關後續作業，於11月22日起至12月1日採收（表2及表4）。試驗期間以務實之作業技術與妥善之運作管理，維持作物正常生育表現，供相關學門專家同時進行調查及其他相關精準措施探討試驗。

精準農業有一項重要的技術是產量圖，它反映出一塊耕地內不同位置的對應產量，產量圖可以標示出一塊耕地內高、低產量，依此可以調節輸入量，力求得到最高的土地生產率。一期作全部試區總產量爲67822.41公斤，平均產量爲 6262.46公斤/公頃，各田區最高產量爲42號田之7088.32公斤/公頃，最低產量爲39號田之4471.04公斤/公頃。小區產量最高爲77號田之B1之8142.39公斤/公頃，最低爲39號田之D1之3430.75公斤/公頃。二期作全部試區總產量爲59515.11公斤，平均產量爲5495.39公斤/公頃，其中台農67號部分平均產量爲5670.02公斤，田區最高產量爲84號田之6421.17公斤/公頃，最低產量爲75號田之4423.89公斤/公頃，小區最高產量爲84號田之A2之7004.76公斤/公頃，最低產量爲75號田之B2之3537.11公斤/公頃；台農71號部分因品種特性產量均偏低，平均僅爲3923.27公斤/公頃，最高產量爲42號田4303.78公斤/公頃，最低產量爲38號田3542.75公斤/公頃，小區最高產量爲42號田之B1之4748.71公斤/公頃，最低產量爲38號田之A1之3197.31公斤/公頃，並完成製作全耕地產量圖以供調配（圖1及圖2）。

一期作全部試區平均產量爲6262.46公斤/公頃，整體表現尙佳，然而本期作品種單一，田間施肥除87號田因顯然過肥未施穗肥外餘均採等量施肥，而各項作業操作管理亦均未做差別處理。但產量調查結果，各田區間及同一田區內各小區間均有差異，其原因除地力、病蟲害等因素由其他學門專家調查論述外，本組就田間觀察推測如下：其一爲各田區前期作物種類不一之影響（圖3）；前期作物爲

水稻之田區（如42、82、84、77、86、78、74號田）大部分表現良好，原爲玉米之田區（39、43、87號田）大部分表現均差，其他作物之田區表現則中下。其二爲921大地震導致本計畫整體試區西邊邊臨大水溝部分田區地層、田埂斷裂，本期作整地灌水後始發現地漏，造成局部水土失衡，雖皆迅速處理，但其對水稻之生育與產量不無影響，其中較爲明顯之田區爲75、77、79、85、87、89等號田。此外6月中旬連續10日下雨與7月中旬超過一百公釐的豪雨，對倒伏、病蟲害之發生及施藥防治之效果，各田區間亦有不同程度之影響，其趨勢爲愈晚插植者受害愈深，尤其39號田產量最差之原因匯集本項因素、前作玉米及嚴重鳥害等不利因素於一身。二期作台農67號部分除79號田區外，各田區平均公頃產量均較一期作爲低，尚符合中部地區水稻一、二期作產量差異幅度。試區西側各田區較東側各田區表現較差，亦與一期作同一趨勢，推斷921地震引起心土斷裂地漏之傷害猶存，其他各田區與小區間之差異原因，或與土壤肥力、病蟲害、颱風、雨水等不同因素交互影響所致，宜由相關團隊分別依其調查資料另行探討，不在本文論述。台農71號部分平均產量爲3923.27公斤/公頃，顯然較台農67號爲低，除因其品種特性外，就現場觀察應係受象神颱風影響全面倒伏所致。

表3. 2000年一期作農場田間主要作業執行狀況表

Table 3. Schedule of the practical farming work in the first crop season of 2000

工作項目	預定日期	實際執行狀況
田區整備	1999年12月至2000年1月	除39、82號兩田區因前作物未採收外，均如期完成。（77、89、95三區田埂維修因流標擬於一期作採收後施工）。
育苗用土準備	1999年12月至2000年1月	如期完成。
浸種消毒催芽	1月23日	如期完成。
本田灌溉整地育苗	1月24日	除39、82號兩田區外，均如期完成。
育苗	1月28日	如期完成。
秧田管理	1月31日至2月23日	如期完成。
本田施基肥整地蓋平	2月9日至2月11日	除39、82號兩田區外，均如期進行。82號田3月21日，39號田3月27日完成。
機械插秧淺水灌排管理	2月14日至2月18日	除39、82號兩田區外，均如期進行。82號田3月23日，39號田3月29日完成。
殺草劑施用	2月19日至2月24日	除39、82號兩田區外，均如期進行。82號田3月28日，39號田4月1日完成。
田區管理	2月19日起	如期進行。
第一次追肥	2月29日至3月3日	除39、82號兩田區外，均如期進行。82號田4月15日，39號田4月18日完成。
水田雜草期中處理	3月5日至3月25日	期初雜草控制良好，期中處理取消。
第二次追肥	3月13日至3月18日	除39、82號兩田區外，均如期進行。82號田4月15日，39號田4月18日完成。
第一次病蟲害防治	3月15日至3月20日	期初低溫病蟲害延遲發生，延至3月31日進行。
曬田及灌水	3月25日起	除39、82號兩田區外自3月29日起排水曬田一週。39、82號兩田5月10日。
第二次病蟲害防治	4月1日至4月5日	4月19日38、42號田噴撲滅松。
第三次病蟲害防治	4月15日至4月30日	5月8、9、10日全面實施。
第三次追肥（穗肥）	4月20日至4月25日	除39、82-2號兩田區於5月15日實施外，其他田區除87號田外於4月20實施。
第四次追肥病蟲害防治	5月15日至6月11日	5月19日39、43兩田區噴克枯爛1.2kg/ha防白葉枯病。6月5-8日全面噴40％加保夫1.5 l/ha、亞素圃1.5 l/ha、5％維利黴素1.5 l/ha、另加cs-7展著劑。
收穫前排水	6月20日左右	6月13日起（各區收穫前7天）。
收穫調製	6月27日起	6月20-28日，7月24日。

表4. 2000年二期作農場田間主要作業實際執行狀況表

Table 4. Schedule of the practical farming work in the second crop season of 2000

工作項目	預定日期	實際執行狀況
田區整備	2000年7月1日至7月20日	如期完成。
育苗用土準備	7月10日至7月12日	如期完成。
浸種消毒催芽	7月15日至7月18日	如期完成。
本田灌溉整地	7月10日至7月27日	如期完成。
育苗	7月19日至7月21日	如期完成。
秧田管理	7月21日至8月5日	如期完成。
本田施基肥整地蓋平	7月27日至8月1日	如期完成。38、42二區變更品種於8月10日完成。
機械插秧淺水灌排管理	8月1日至8月5日	如期完成。38、42二區於8月15日完成。
殺草劑施用	8月3日至8月9日	如期完成。
田區管理	8月1日起	如期進行。
第一次追肥	8月11日至8月16日	如期完成。
水田雜草期中處理	8月21日至9月10日	如期完成。
第二次追肥	8月21日至8月26日	如期完成。
第一次病蟲害防治	9月10日至9月20日	如期完成。
曬田及灌水	9月10日至9月15日	如期完成。
第二次病蟲害防治	9月20日至9月25日	如期完成。
第三次病蟲害防治	9月27日至10月2日	如期完成。
第三次追肥（穗肥）	9月15日至9月20日	如期完成。
第四次追肥病蟲害防治	10月5日至11月10日	如期完成。
收穫前排水	11月22日左右	11月15日排水曬田。
收穫調製	11月30日起	11月22日至12月1日（38、42二區12月15日採收）。

本年兩期作因係本計畫第一年試驗，各相關團隊均以田間特定作業狀況為基礎，進行相關推演模擬，因此大部分農耕作業均考量來年進一步差異試驗預作準備，其作業流程與實際作業均表列如表1～4，作者等農場經營管理人員則藉由實際農場作業經驗，進行精準農業水稻農場管理體系之研究，逐步配合精準農業之精神提高農場管理水準。

三、精準農業水稻農場管理體系之研究

以一般水稻農場經營管理體系為基礎，在硬體設施方面，因本所田區規劃與農機設備原即較週延，經緊急整修配合其他專家團隊之需要調整，即行投入試驗行列，在妥善管理運作下進行尚稱順利。在軟體運作方面，因參與本計畫之員工都歷經水稻原原種繁殖、再生稻研究試驗及水稻育苗介質研究試驗等水稻栽培管理實務經驗，同時每一期作開始前均先商請不同領域專家與實務作業管理人員，就精準農業試驗之需要研訂預定作業時程、作業方法與材料用量，做成預定進度表。實施過程中循序漸進，各種精準農業措施、器材次第投入試驗農場，造成對農場原有軟硬體之衝擊、承受與調適之變化，以及管理運作之改變與配合。此一過程中一種新的精準農業水稻農場管理體系之雛型乃逐漸形成，本計畫二期作農場各項操作顯然較一期作順暢，或堪佐證。

本年度因相關學門專家尚多偏重基礎試驗，投入試驗農場之新措施、器材尚不多，在運作體系上與以往一般水稻農場經營管理之差異尚不大，故目前出現之狀況尚難遽下結論，但在產量調查方面現仍需利用傳統方式獲取資料，耗費人力工時，未來在各方合作下必然有許多精準技術措施投入農場，如全球定位系統、地理資訊系統、作物生產管理決策支援系統、穀物聯合收穫機產量計量系統、可變量投入技術等，或能減輕本組人員之工作負荷，本小組當就精準耕作需要從農場設備、作業機具、材

(A)

Field	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	A3	B3	C3	D3
89	4.8	4.2	4.2	4.9	5.0	5.2	4.8	5.1				
88	5.7	5.4	5.5	5.5	6.2	6.0	5.9	6.1				
87	4.1	5.0	4.6	5.2	5.9	5.5	5.2	5.7				
86	6.7	6.0	6.4	6.5	6.4	6.4	6.5	6.3				
85	6.3	6.0	6.1	6.2	6.8	6.4	6.7	6.1				
84	6.9	6.5	6.6	6.2	7.0	6.6	6.1	5.5				
43	5.9	6.5	6.3	6.5	4.5	6.0	5.8	6.0				
42	4.0	4.7	3.8	3.9	4.6	4.3	4.4	4.7				
83	5.4	5.0	4.5	5.7	5.5	5.4	5.2	6.0				
82		6.4	6.8	6.5	6.1	6.4	6.1	6.3				
39	5.4	5.8	5.8	5.2	5.7	5.5	5.4	6.2				
38	3.2	4.0	3.6	3.3	3.9	3.4	3.3	3.6				
81	6.2	5.4	5.6	6.0	6.1	5.3	5.5	5.8				
80	4.7	5.5	5.9	5.2	5.8	5.9	6.1	5.2				
79	5.5	5.6	6.1	6.6	5.0	6.0	6.5	6.5				
78	5.6	5.4	5.1	5.6	5.6	5.4	5.9	5.2				
77	5.3	5.9	5.4	5.1	5.5	6.1	5.4	4.9				
76	5.8	5.7	5.1	5.2	6.0	6.1	5.1	5.4				
75	4.5	4.1	4.3	5.2	4.4	3.5	4.7	4.8				
74	5.7	6.5	5.8	5.6	6.0	5.9	5.7	5.4	6.1	5.5	6.0	6.3

(B)

89 4.79	88 5.82		
87 5.18	86 6.40		
85 6.34	84 6.42	43 5.93	42 4.30
83 5.35	82 6.18	39 5.61	38 3.54
81 5.74	80 5.54		
79 5.99	78 5.48		
77 5.45	76 5.57		
75 4.42	74 5.86		

圖 2. 2000年二期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。（1000公斤/公頃；灰色區域為氣象站）

Fig. 2. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the second crop season of 2000. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

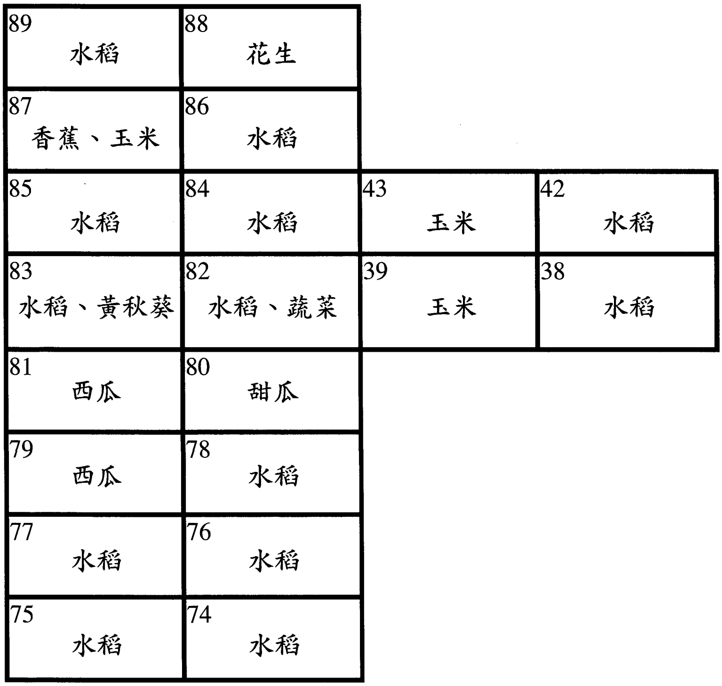


圖 3. 2000年一期作水稻精準試驗田區前期作種植作物種類圖。

Fig. 3. Preceding crops cultivated before the first rice crop season of 2000.

物料、作業流程、人員及資訊等必要生產要素予以重新分析整合，研究建立新的農場管理體系，逐步配合精準農業之精神提高農場管理水準。

傳統農場原本係接納各方農業技術研究成果，依其作業能力與經營目的，選取相關應用技術綜合運用，編織其作業流程，循序運作之獨立經營體。同樣的在傳統上各項農業技術研究，每以其特殊技術專長與個別試驗標的爲變數，而將其他相關技術因素予以固定，獨立探求其單點之突破。精準農業因爲係一創新之綜合農業運用科技，除農場設施、耕作器具、資材、農耕作業管理外，尙牽涉遙測探勘、土壤肥力、作物營養、病蟲害、作物生理、農業機械及農業氣象等不同範疇之農學相關新科技，其中任何一項技術之變動每即牽動其他技術做爲之同時變化，其變動效果之產生每需借助其他技術之同時改善始能奏效。因此在各方專家合議讚同下，始有本共同試驗農場之設置與運作。本試驗以適當之試驗田區與經營作業團隊，自始接納各方新技術，同時於農場田區內進行農耕作業試驗，觀察瞭解不同新技術間之互動，消除衝突，聯結優點。對於提供進一步之試驗方向，建立精準農耕體系之雛型及縮短試驗研究期間等，已具正面效應。而此一結合農場經營農耕作業人員與相關科技專家共同合作試驗之模式，亦可做爲類似試驗，例如生物技術基因轉殖作物田間試驗研究之借鏡。

結　論

精準農業試驗研究係集合不同科技專長範疇之集體研究，其目的在於生產資源之合理利用，以精確之投入創造最佳之產出。本共同試驗農場之設立與運作在於提供最適當之試驗場區，研究納入各不同學門之需求與作爲，求取相互間之平衡與農耕實務作業管理之妥善性，將各種新的科學技術予以有

效聯結，創造一個新而有效率之農場經營管理體系，藉以提升我國農業產業之國際競爭能力。就目前狀況而言，精準農業的效益隨耕地狀況的不同而有所不同，使用逐塊區別管理的生產者，一定要認識到除了常規性的農業物資的投入外，資訊也成爲作物生產系統不可缺少的投入。生產者依據某一耕地的土質、雜草、肥料及產量圖等資訊，可瞭解這片耕地的潛在生產能力，哪一塊能發揮出最高的產量，以及哪一塊是地力相對比較薄弱的部分，藉以研擬相關對策。長期以來，農業一直是投入產出效率較低的產業，精準農業在於試圖提高資源利用效率、降低生產成本，改善環境狀況。本文將共同試驗第一年之運作狀況，加以詳述並提出相關資料，謹供各方參考，希望有助於精準農業整體計畫後續試驗研究。

引用文獻

1. 王立平。1998。精確農業--一種新型農業。農業信息探索 2: 1。
2. 王克林、李文祥。2000。精確農業發展與農業生態工程創新。農業工程學報 16: 5-8。
3. 汪懋華。1999。精細農業發展與工程技術創新。農業工程學報 15: 1-8。
4. 林俊義、楊純明。1999。水稻精準農業（耕）體系之研究。2-5頁。行政院農業委員會農業試驗所。
5. 劉剛。2000。精細農業的技術組成、決策分析及在我國的應用實踐。農業現代化研究 21: 57-59
6. 劉愛民、封志明。1999。現代精確農業。科技報導 11: 1-5。
7. Blackmore, S., and M. Moore. 1999. Remedial correction of yield map data. Precision Agriculture 1: 53-66.
8. Pierce, F. J., and P. Nowak. 1999. Aspects of precision agriculture. Advances in Agronomy 67: 1-85.

Establishment on Rice Farming Management for Precision Agriculture System [1]

Chi-Hsiung Lai[2], Ching-Hsiang Yang[2], Bang-Hua Chen[2], Chih-Sheng Chen[2], Chia-Jen Liu[2], Lit-Fu Chan[2] and Hsiu-Ying Lu[3]

Summary

Precision agriculture is a new technology developed during early 1980's. As a management strategy, it determines the economical and reasonable input, gains the greatest return to the producer and the least impact on the environment. It is a necessary outcome of agricultural development. To comply with the world trend and rebuild a new fact for Taiwan, we conducted a pilot project 'Studies on Precision Farming System for Rice' at Taiwan Agriculture Research Institute. A 10.83 ha rice paddy field was set up for functioning and operating precision farming. The field was composed of 164 adjacent blocks each with area of 25m×25m. Farmland is basal while proper management is essential to the success of precision agriculture. In order to lower the production cost and enhance the compatibility of the crop, this proposal concerned the adoption of improved mechanization techniques, modernized information system, and improved farm management skills to the large-scale culture of rice. During the two crop seasons in 2000, the present farm management could satisfy the requirement of precision agriculture. The heterogeneous feature of yield map adequately reflected the productivity variation due to variety, planting time, climate, soil, earthquake and preceding crops. It is concluded that this proposal could lead to development of the potential system.

Key words ： Precision agriculture, Rice, Yield map.

---

1. Contribution No.2081 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Senior Agronomist and Head, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Research Assistant, Research Assistant, Research Assistant, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
3. Senior Statistician, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 50(3): 88～97 (2001)

台灣鳳梨農場技術效率之研究[1]

陳唐平　楊世華　潘德芳[2]

摘要：鳳梨栽植品種及其生產投入數量對於技術效率具影響效果。本文乃根據種植開英種、台農6號、11號、13號、16號、17號及其他品種等台灣主要鮮食鳳梨品種之樣本農戶建立鳳梨邊界生產函數並探討影響技術效率之因子。依研究分析結果發現：鳳梨生產邊界函數適用Cobb-Douglas函數形式，就生產彈性而言，依其估計結果，以勞動投入的0.5876最大，變動成本投入的0.2744次之，而土地面積的0.1641最小；規模報酬大於1，顯示鳳梨農場具備規模遞增的特性；而效率的組合誤差同時受非人力及人爲管理因素的影響。個別鳳梨農場技術無效率值介於1.59％～65.13％之間，顯示尙有很大的提升空間。根據技術效率影響因子的測定結果，變動成本及固定成本投入量、經營主栽植鳳梨的經驗年數、鳳梨種植面積佔總農場面積的百分比、台農6號、台農11號、台農13號及其他種鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比對效率提升有正面助益。因此，農場主對於人爲管理因素應不斷加強，可朝增加變動與固定成本投入、提高勞動素質及愼選品種等方面著手。

關鍵詞：鳳梨、技術效率、隨機性生產邊界、Cobb-Douglas函數。

前　　言

鳳梨爲我國重要果樹產業之一，民國88年種植面積爲8,973公頃，產值約爲46億元，主要生產地在屏東縣（2,631公頃，占29%）、台南縣（2,052公頃，占23%）、高雄縣（1,310公頃，占15%）、嘉義縣（892公頃，占10%）及南投縣（840公頃，占9%）。在鳳梨之產銷型態方面，已由過去的「罐頭外銷爲主，內銷爲副」轉變爲今日的「內銷鮮食爲主，外銷爲副」方式。目前，鳳梨爲管制進口產品，政府已決定在加入世界貿易組織後，採用關稅配額方式進口，是以提高鳳梨產業之競爭力，以因應貿易自由化的衝擊，實爲鳳梨產業發展之重要課題。

本文根據種植開英種鳳梨、台農6號（蘋果鳳梨）、台農11號（香水鳳梨）、台農13號（冬蜜鳳梨）、台農16號（甜蜜蜜）、台農17號（金鑽鳳梨）及其他品種等台灣主要鮮食鳳梨品種之樣本農戶建立鳳梨邊界生產函數及影響技術效率之因子；依研究分析結果，提出相關改善建議，作爲提升鳳梨產業競爭力之參考。

研究方法

文獻上估計生產邊界函數的方法很多，依其函數特性，可分爲確定性 (deterministic) 生產邊界法及隨機性 (stochastic) 生產邊界法兩種。前者假設廠商均面對相同的技術訊息，所有廠商僅存有一個共同

1.　行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2082號。

2.　本所農業經濟系助理、助理研究員及研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

的生產邊界，而個別廠商技術效率差異，完全歸因於人為的管理或技術上的差異；這類的估計方法以Aigner and Chu[13]的線性規劃法，Timmer[26]的機率型線性規劃法，以及Greene[17]的修正最小平方法為代表，但確定性生產邊界法之估計值較容易受極端值影響，且未能考慮生產之隨機性質。後者則假設廠商原先對應的技術訊息中，有一部份為非人力所能控制的因素（如天候等），因此個別廠商之技術效率差異除來自人為管理的無效率外，亦包括非人力所能控制之因素所造成的差異。由於非人力所能控制因素所造成之差異具有隨機性質，因此個別廠商所面對的生產邊界亦具有隨機性。這種估計方法分別以Aigner, Lovell and Schmidt[14]及Meeusen and Van den Broeck[22]兩組學者為代表。

在台灣，利用確定性生產邊界函數法來測量農場之技術效率者，計有彭作奎及吳江胡[8]、彭作奎[9]、邱毅及陳永林[3]等。至於利用隨機性生產邊界函數法者，計有傅祖壇及詹滿色[10]、傅祖壇、詹滿色及劉錦添[11]、李佩郁及李朝賢[2]、楊世華、陳唐平及潘德芳[12]等。

鳳梨之生產除受到人為管理與技術之差異外，亦受到天候等非人力所能控制因素的影響，是以利用隨機性生產邊界模型來測定鳳梨農場之技術效率，應較符合現實情況。基此，本文乃利用Aigner, Lovell and Schmidt[14]之最大概似半常態隨機性生產邊界模型，分別以Cobb-Douglas及Translog 生產函數形式設定，並以其概似函數值之差異作檢定，據以作為選擇函數形式之依據。再計算出個別農場之技術效率值，且針對影響技術效率的因素進行分析，並探討其差異之原因。

隨機性生產邊界之模型，係假設迴歸式的誤差項包括隨機性誤差及技術效率誤差兩部分：

$$Yi = f(x_i;\beta)\exp(v_i - u_i) \qquad i = 1\sim N \quad \cdots\cdots (1)$$

其中Yi表示第i個農場的產出，x_i為第i個農場的因素投入向量，β為估計參數向量，$(v_i - u_i)$為第i個農場產出的誤差項。其中v_i為隨機性誤差，服從對稱性的隨機誤差常態分配；而u_i代表農場間的技術效率誤差，具有單邊（one-side，即$u_i > 0$）半常態或指數分配性質。

若$v_i = 0$，則式(1)屬於確定性生產邊界之模型；而若$u_i = 0$，則變成為Zellner的一般生產函數模型。

在v_i與u_i彼此互相獨立的條件下，$\varepsilon_i = (v_i - u_i)$之聯合機率密度函數 (joint density function) 為：

$$f(\varepsilon_i | \lambda,\sigma_s^2) = 2\cdot\sigma_s^{-1}\cdot f^*[\varepsilon_i\,\sigma_s^{-1}]\cdot\{1 - F^*[\varepsilon_i\cdot\lambda\cdot\sigma_s^{-1}]\} \quad \cdots\cdots (2)$$

其中$\sigma_s^2 \equiv (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$，$\lambda \equiv (\sigma_v/\sigma_u)$，$f^*$及$F^*$分別為標準常態分配之機率密度 (density) 函數與累計分配 (cumulative distribution) 函數，σ_u^2及σ_v^2分別表示技術效率誤差及隨機性誤差之變異數，σ_s^2為總變異數，λ為技術效率誤差與隨機性誤差之比例，代表組合誤差比例，當λ值愈大，表示產出差異(σ_s^2)來自技術效率誤差之變異(σ_u^2)愈大，或來自隨機性誤差之變異(σ_v^2)愈小。

根據$(v_i - u_i)$的分配特性，可建立N個樣本的最大概似函數式：

$$\ln L = \ln L(Y | \beta,\lambda,\sigma_s^2)$$

$$= N\ln\sqrt{\frac{2}{\pi}} + N\ln\frac{2}{\sigma_s} + \sum_{i=1}^{N}\ln\left[1 - F^*\left(\frac{\varepsilon_i\lambda}{\sigma_s}\right)\right] - \frac{1}{2\sigma_s^2}\sum_{i=1}^{N}\varepsilon_i^2 \quad \cdots\cdots (3)$$

可藉由式(3)求得生產邊界函數參數β，亦可求得組合誤差比率λ及誤差項σ_s^2、σ_v^2及σ_u^2之估計值。

根據生產邊界概念所推估的技術效率值是一種「相對」的效率值。例如第i個農場的技術效率值，為某一生產因素投入下第i個農場的產出水準，與相同因素投入下最具生產效率（生產邊界上）農場之產出水準之比。是以對應於隨機性生產邊界之技術效率值為

$$TE_i = (Y_i/Y_s^*) = (f(x_i;\beta)\exp(v_i - u_i)/f(x_i;\beta)\exp(v_i)) = \exp(-u_i) \quad \cdots\cdots (4)$$

Jondrow, *et al.*[19]提出以條件期望值的概念，來推估個別農家的（條件預期）技術效率值。Jondrow, *et al.*的方法係先利用最大概似法求得的組合性誤差項$(v_i - u_i)$，再以條件期望值分解出u_i的期望值。當u_i為半常態分配時，在隨機性生產邊界法中，第i個農場之技術效率值：

$$TE_i = \exp(-u_i) = \exp[-E(u_i | \varepsilon_i)]\text{，且}0 \le TE_i \le 1 \quad \cdots\cdots (5)$$

而式(5)中，$E(u_i|\varepsilon_i) = ((\sigma_v\sigma_u/\sigma_s)\{[f^*(\varepsilon_i\lambda\sigma^{-1}_s)]/[1 - F^*(\varepsilon_i\lambda\sigma^{-1}_s)] - (\varepsilon_i\lambda\sigma^{-1}_s)\}$ ……… (6)

式(6)中，σ^2_s、σ^2_v、σ^2_u、λ、f^* 及 F^* 之定義如前。當 u_i 爲半常態分配時，Lee and Tyler[21] 推導出母群體的預期效率值如式(7)，根據這個公式，母群體技術效率平均值受到 σ_u 值之影響。

$EFF = E[\exp(-u_i)] = 2\exp(\sigma^2_u/2)[1 - F^*(\sigma_u)]$ ……… (7)

過去對於生產邊界及效率影響因子的推估是以兩階段的方式達成，即首先推估隨機性生產邊界，再求算效率值，再由求算而得的效率值與影響因子作迴歸分析。但Coelli,Prasada and Battese[16] 認爲分爲兩階段推估會有不一致 (inconsistency) 的情況，因爲第一階段推估生產邊界時是假設殘差項（效率差異）存在independently及identically的分配特性，而在進行第二階段效率影響因子探討時，又把效率差異視爲某些廠商特性因子的函數，並進行迴歸，如此便失去identically的分配特性；Kumbhakar, Ghosh and McGuckin[20] 及 Reifschneider and Stevenson[25] 認爲隨機性生產邊界的效率差異應定義爲若干影響因子的函數，並與所有待估參數以最大概似法作單一階段的推估。而由澳洲新英格蘭大學效率與生產力分析中心 (CEPA, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia) 的學者專家所研發的計量軟體FRONTIER Version 4.1 即可進行上述方法的估計，因此，本文即使用該軟體進行相關推估。

模型設定與資料敘述

一、生產邊界函數部分

本文之生產邊界函數分別以Translog及Cobb-Douglas函數形式設定，Translog函數形式如下所示：

$$\begin{aligned}\ln Y_i = {} & b_0 + b_1\ln A_i + b_2\ln L_i + b_3\ln K_i \\ & + b_{12}\ln A_i\ln L_i + b_{13}\ln A_i\ln K_i + b_{23}\ln L_i\ln K_i \\ & + (1/2)b_{11}(\ln A_i)^2 + (1/2)b_{22}(\ln L_i)^2 + (1/2)b_{33}(\ln K_i)^2 + (v_i - u_i) \qquad (8)\end{aligned}$$

其中 Y_i ：第 i 個鳳梨農場的產值（萬元）

A_i ：第 i 個鳳梨農場的採收面積（分地，包括自有及租用）

L_i ：第 i 個鳳梨農場的勞動費用（仟元，包括家工及僱工）

K_i ：第 i 個鳳梨農場的變動成本（仟元，包括種苗、肥料、農藥、能源費用等）

v_i ：隨機性誤差，爲 $N(0,\sigma^2_v)$ 分配形式

u_i ：技術效率誤差，爲 $|N(0,\sigma^2_u)|$ 分配形式

在Translog函數中，投入因素的生產彈性隨生產因素投入點之不同而有差異，因此彈性是可變的。而各因素之生產彈性可表示爲：

$E_A = b_1 + b_{11}\ln A_i + b_{12}\ln L_i + b_{13}\ln K_i$

$E_L = b_2 + b_{12}\ln A_i + b_{22}\ln L_i + b_{23}\ln K_i$

$E_K = b_3 + b_{13}\ln A_i + b_{23}\ln L_i + b_{33}\ln K_i$

式(8)中之交乘項及平方項係數若爲0，則Translog函數即爲Cobb-Douglas函數如式(9)

$\ln Y_i = b_0 + b_1\ln A_i + b_2\ln L_i + b_3\ln K_i + (v_i - u_i)$ ……… (9)

而各估計參數 b_1、b_2 及 b_3 分別代表生產彈性 E_A、E_L 及 E_K，且 $b_1 + b_2 + b_3$ 則爲鳳梨農場的規模報酬值。

在實證處理上，爲決定到底是Translog或Cobb-Douglas生產邊界函數型式適合於鳳梨農場，可以用概似比 (likelihood ratio) 檢定，其 H_0：$\beta_{ij} = 0$，H_1：β_{ij} 不同時爲0。根據Pindyck and Rubinfeld[24]，χ^2 檢定統計量爲Translog與Cobb-Douglas生產邊界函數兩者概似函數值之差的兩倍，亦即 $LR = -2[L(\beta_R) - L(\beta_{UR})]$，其值若小於臨界值，則接受 H_0；反之，則棄卻 H_0。

二、效率影響因子部分

根據彭作奎及吳江胡[8]對40個酪農戶之技術效率分析，發現精料比例、家工比例、農場主年齡及教育程度對技術效率有正的影響。其次，傅祖壇及詹滿色[10]對108戶果樹農家記帳戶分析技術效率之影響因素時，發現教育程度、專業程度、淨利資產比、雇工率等因素，對技術效率的影響爲正且達顯著水準，而變動成本及負債資產比對技術效率爲負且顯著的影響。另外，依李佩郁及李朝賢[2]對53戶菊花農場進行技術效率的分析結果，顯示農場主種植的年數及每勞動所管理的土地面積，對技術效率的提升有正面的影響，但是種植年數過長、種植規模擴張過大，將會對技術效率值產生負面的影響。而楊世華、陳唐平及潘德芳[12]顯示農場主年齡、教育年數、種植面積平方、每株產量、銷售價格、每一勞動管理面積及家工比率的係數爲正，而種蓮霧年數、種植面積、資本勞動比的係數爲負。

本文選定變動成本投入量、固定成本投入量、鳳梨農場經營主年齡、栽植鳳梨經驗年數、鳳梨栽植品種數、鳳梨種植面積佔農場面積的比率及各農場中七個鳳梨品種佔總鳳梨經營面積的比率作爲效率影響因子，其迴歸式爲：

$$\begin{aligned} TE_i = {} & \delta_0 + \delta_1(K_v)_i + \delta_2(K_f)_i + \delta_3(AGE)_i + \delta_4(EXP)_i + \delta_5(RACE)_i + \delta_6(APA)_i \\ & + \delta_7(KI)_i + \delta_8(T_6)_i + \delta_9(T_{11})_i + \delta_{10}(T_{13})_i \\ & + \delta_{11}(T_{16})_i + \delta_{12}(T_{17})_i + \delta_{13}(T_{other})_i + e_i \cdots\cdots (10) \end{aligned}$$

其中 TE_i ：第 i 個鳳梨農場的技術效率值
$(K_v)_i$ ：第 i 個鳳梨農場的變動成本投入量
$(K_f)_i$ ：第 i 個鳳梨農場的固定成本投入量
$(AGE)_i$ ：第 i 個鳳梨農場經營主的年齡
$(EXP)_i$ ：第 i 個鳳梨農場經營主栽植鳳梨的經驗年數
$(RACE)_i$ ：第 i 個鳳梨農場鳳梨栽植品種數
$(APA)_i$ ：第 i 個鳳梨農場鳳梨種植面積佔總農場面積的百分比
$(KI)_i$ ：第 i 個鳳梨農場開英種鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
$(T_6)_i$ ：第 i 個鳳梨農場台農6號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
$(T_{11})_i$ ：第 i 個鳳梨農場台農11號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
$(T_{13})_i$ ：第 i 個鳳梨農場台農13號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
$(T_{16})_i$ ：第 i 個鳳梨農場台農16號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
$(T_{17})_i$ ：第 i 個鳳梨農場台農17號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
$(T_{other})_i$ ：第 i 個鳳梨農場其他種鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比
e_i ：隨機性誤差，爲 $N(0,\sigma_e^2)$ 分配形式

三、資料敘述

(一)樣本戶數分佈及採收面積

本文之資料全屬原始資料，經調查而得之有效樣本問卷83戶，即高樹鄉14戶、內埔鄉10戶、大樹鄉19戶、關廟鄉10戶、大內鄉5戶、民雄鄉16戶及名間鄉9戶；樣本戶88年鳳梨採收面積合計爲198.5公頃。其中以開英種之採收面積67.3公頃（占33.9%）爲最多，其次爲台農6號之56.4公頃（占28.4%），而以台農17號（占4.6%）爲最少（如表1）。

(二)鳳梨栽種方式

依本調查資料顯示（如表2），目前鳳梨之栽種方式以二年一收爲主，所占比率高達76%，而三年二收之栽種方式僅爲24%。若以鳳梨品種別而言，台農6號、13號、16號及17號採用二年一收之栽種方式者，其比率均達80%以上。

(三)鳳梨品種別之生產成本與收益分析

表1. 樣本戶88年鳳梨採收面積表

Table 1. The pineapple harvest area of sample farms in 1999

地區	開英種	台農6號	台農11號	台農13號	台農16號	台農17號	其他	合計
高樹鄉	16.5	1.8	0.0	3.6	1.2	0.5	1.0	24.6
內埔鄉	10.7	6.0	8.0	6.5	2.4	3.5	0.7	37.8
大樹鄉	16.6	29.2	1.7	8.4	1.1	1.5	3.5	62.0
關廟鄉	1.4	3.1	0.0	1.1	1.9	0.0	5.1	12.6
大內鄉	0.0	0.2	3.7	0.0	1.5	0.0	0.3	5.7
民雄鄉	13.2	15.6	0.0	1.4	6.0	3.5	3.2	42.9
名間鄉	8.9	0.5	0.0	2.0	1.1	0.2	0.2	12.9
合計(公頃)	67.3	56.4	13.4	23.0	15.2	9.2	14.0	198.5
%	33.9	28.4	6.8	11.6	7.7	4.6	7.1	100.0

表2. 鳳梨種植方式比率

Table 2. The planting ways proportion of pineapple

地區	開英種	台農6號	台農11號	台農13號	台農16號	台農17號	其他	合計
2年1收(%)	68.2	87.7	59.0	80.2	80.4	92.3	60.9	76.0
3年2收(%)	31.8	12.3	41.0	19.8	19.6	7.7	39.1	24.0
合　計(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

基於分析比較之一致性，本文採用鳳梨第一收(即二年一收及三年第一收)之生產費用及收益資料，進行成本收益之相關分析，所得結果如下（如表3）：

表3. 鳳梨一公頃生產費用與收益表

Table 3. The production cost & income of pineapples per hectare

項目	開英種	台農6號	台農11號	台農13號	台農16號	台農17號	平 均
種苗費	78,242	166,393	101,498	251,670	188,893	687,551	245,708
肥料費	55,125	74,605	67,485	72,882	72,607	67,650	68,392
人工費	73,400	57,963	43,324	66,125	75,225	73,861	64,983
農藥費	14,137	20,897	11,580	22,584	13,534	22,558	17,548
能源費	3,763	6,238	8,201	8,455	3,975	3,335	5,661
材料費	50,458	50,780	45,442	65,050	51,058	54,576	52,894
農用設施費	5,930	19,990	10,159	15,096	10,553	20,005	13,622
農機具費	13,150	12,619	9,256	18,931	13,987	8,248	12,699
地租	55,476	56,838	58,065	54,593	55,109	53,726	55,635
資本利息	13,473	17,481	13,296	21,798	17,078	35,418	19,757
生產費合計(元/公頃)	392,945	495,556	380,373	608,550	484,320	964,394	554,356
每公斤成本	5.6	9.8	9.8	13.8	9.6	17.5	10.8
鳳梨產量(公斤/公頃)	69,706	50,735	38,850	44,110	50,324	55,214	51,490
鳳梨價格(元/公斤)	6.4	20.1	11.1	19.0	17.3	29.0	17.1
鳳梨產值(元/公頃)	443,805	1,018,184	429,561	838,827	871,480	1,599,901	866,960
損益[z](元/公頃)	50,860	522,628	49,187	230,278	387,160	635,507	312,603
農家賺款[y](元/公頃)	178,544	673,670	172,044	388,747	549,436	877,097	473,256

[z] 損益＝(鳳梨產值)－(生產費合計)

[y] 農家賺款＝損益＋種苗費(自給)＋人工費(自給)＋地租(自給)＋資本利息

實證結果

一、生產邊界函數的估計結果

(一)函數形式檢定結果

Translog 生產邊界函數的概似函數值爲－15.45，Cobb-Douglas 生產邊界函數的概似函數值爲－17.25，$LR = -2[(-17.25) - (-15.45)] = 3.6$，而臨界值 $\chi^2_{0.05,df=6} = 12.59$，故接受虛無假設，亦即 β_{12}、β_{13}、β_{23}、β_{11}、β_{22}、β_{33} 同時爲 0，因此生產邊界函數適用 Cobb-Douglas 函數形式。

(二)Cobb-Douglas 函數形式估計結果：

Cobb-Douglas 生產邊界函數的估計結果如表 4 所示：

表 4. Cobb-Douglas 隨機性生產邊界的估計結果

Table 4. The estimation results of Cobb-Douglas stochastic production frontier

估計參數	係數值	標準差	t 值	顯著水準
β_0	2.9627	1.0196	2.9057	※※※
β_1	0.1641	0.1735	1.1931	
β_2	0.5876	0.1474	3.9856	※※※
β_3	0.2744	0.0766	3.5823	※※※
$\sigma^2_s \equiv (\sigma^2_v + \sigma^2_u)$	0.0984	0.0204	4.8280	※※※
$\gamma = [\sigma^2_u/(\sigma^2_u + \sigma^2_v)]$	0.1861	0.0900	2.0683	※※

規模報酬 RTS = 0.1641 + 0.5876 + 0.2744 = 1.0261

$\sigma^2_u = 0.0182$，$\sigma^2_v = 0.0802$，$\lambda \equiv (\sigma_u/\sigma_v) = 0.4764$

※※※、※※、※分別代表顯著水準 1％、5％及 10％。

就生產彈性而言，以勞動投入的 0.5876 最大，變動成本投入的 0.2744 次之，而土地面積的 0.1641 最小；規模報酬爲 1.0261，其值大於 1，顯示鳳梨農場具備規模遞增的特性；而 $\sigma^2_u = 0.0182$，$\sigma^2_v = 0.0802$，$\lambda \equiv (\sigma_u/\sigma_v) = 0.4764$，$\sigma^2_s \equiv (\sigma^2_v + \sigma^2_u) = 0.0984$，顯示鳳梨農場的經營差異來自非人力所能控制因素的成分較大。

二、技術效率影響因子估計結果

(一)是否存在技術無效率 (technical inefficiency) 的檢定結果

倘若樣本農場與其生產邊界函數的技術效率差異均來自非人力所能控制因素而不包括人爲無效率的因素，則推估出的生產邊界函數與一般生產函數相同，無法進一步探討影響效率的因子，因此，必須先檢定是否存在技術無效率的情形，其 $H_0 : \sigma^2_u = 0$，$H_1 : \sigma^2_u > 0$（或 $H_0 : \lambda = 0$，$H_1 : \lambda > 0$ 或 $H_0 : \gamma = 0$，$H_1 : \gamma > 0$）。根據 Coelli,Prasada and Battese[(16)]，可用概似比檢定，其檢定統計量爲：$LR = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\}$，經查統計報表得知，該檢定統計量爲 55.10，而臨界值 $\chi^2_{0.10,df=10} = 15.99$，故棄卻虛無假設，亦即存在技術無效率的情形（$\sigma^2_u > 0$ 或 $\lambda > 0$ 或 $\gamma > 0$）。

(二)個別鳳梨農場技術效率值估計結果

經由計算結果，鳳梨農場個別技術效率分佈情形如表 5 所示。

平均而言，83 個樣本農場尚有 21.51％的技術無效率；而就個別農場而言，技術無效率值大多小於 10％（佔 49.40％），超過 50％的農場則佔 26.5％，顯示部分農場仍有極大的改善空間。

(三)技術效率影響因子估計結果

TE_i 的估計結果如表 6 所示。

1. 變動成本投入量的係數爲正，且達 5％顯著水準，表示變動成本投入越多對效率提升越有助益。
2. 固定成本投入量的係數爲正，且達 10％顯著水準，表示固定成本投入越多對效率提升越有助益。

表5. 鳳梨農場技術效率之次數分配

Table 5. The frequency distribution of technical efficiency of pineapple farms

技術效率值	農場數	百分比
$1.0 \geq TE_i > 0.9$	41	49.40
$0.9 \geq TE_i > 0.8$	8	9.64
$0.8 \geq TE_i > 0.7$	3	3.61
$0.7 \geq TE_i > 0.6$	9	10.84
$0.6 \geq TE_i > 0.5$	11	13.25
$0.5 \geq TE_i > 0.4$	10	12.05
$0.4 \geq TE_i > 0.3$	1	1.20

樣本農戶技術效率平均值＝0.7849

最大值＝0.9841 最小值＝0.3487

表6. 技術效率影響因子之估計結果

Table 6. The estimation results of significant factors of technical efficiency

估計參數	係數值	標準差	t值	顯著水準
δ_0	－0.4707	0.7658	－0.6147	
δ_1	0.0003	0.0001	2.4188	※※
δ_2	0.0019	0.0011	1.7693	※
δ_3	－0.0023	0.0096	－0.2364	
δ_4	0.0029	0.0096	0.3005	
δ_5	－0.0216	0.0720	－0.3001	
δ_6	0.0026	0.0038	0.6869	
δ_7	－0.0102	0.0029	－3.5075	※※※
δ_8	0.0052	0.0094	0.5467	
δ_9	0.0085	0.0028	3.0525	※※※
δ_{10}	0.0121	0.0049	2.4733	※※
δ_{11}	－0.0054	0.0048	－1.1160	
δ_{12}	－0.0100	0.0088	－1.1324	
δ_{13}	0.0119	0.0050	2.4013	※※

※※※、※※、※分別代表顯著水準1％、5％及10％。

3. 鳳梨農場經營主年齡之係數為負，表示越年輕的農場經營主對於效率提升越有助益，但未達顯著水準。
4. 鳳梨農場經營主栽植鳳梨的經驗年數之係數為正，表示越有經驗的經營主對於效率提升越有助益，但未達顯著水準。
5. 鳳梨栽植品種數之係數為負，表示鳳梨農場栽植品種單純化對於效率提升越有助益，但未達顯著水準。
6. 鳳梨種植面積佔總農場面積的百分比之係數為正，表示越專業的鳳梨農場對於效率提升越有助益，但未達顯著水準。
7. 開英種鳳梨、台農16號及台農17號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比之係數為負，表示此三品種鳳梨的栽植對效率提升會有負面影響，其中開英種的影響達顯著水準。
8. 台農6號、台農11號、台農13號及其他種鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比之係數均為正，表示此四品種鳳梨的栽植對效率提升有助益，除台農6號外，其他三品種的影響達顯著水準。

結論與建議

一、結論

(一) 就每公頃生產費用而言，以台農17號之964,394元為最多，其次為台農13號的608,550元，而開英種及台農11號之生產費用為392,945元及380,373元較低。就每公頃之收益而言，以台農17號之635,507元為最多，雖然其生產費用最高，但由於價格及產值較高，獲利反而最高；其次為台農6號之收益達522,628元；由於開英種及台農11號之一公斤價格僅為6.4元及11.1元，收益僅為50,860元及49,187元。本項結果顯示，要從鳳梨生產獲得較高之利潤，重點應在於鳳梨產值的提高。

(二) 經由概似比檢定，鳳梨生產邊界函數適用Cobb-Douglas函數形式，依其估計結果，就生產彈性而言，以勞動投入的0.5876最大，變動成本投入的0.2744次之，而土地面積的0.1641最小；規模報酬為1.0261，其值大於1，顯示鳳梨農場具備規模遞增的特性；而$\sigma_u^2 = 0.0182$，$\sigma_v^2 = 0.0802$，$\lambda \equiv (\sigma_u/\sigma_v) = 0.4764$，$\sigma_s^2 \equiv (\sigma_v^2 + \sigma_u^2) = 0.0984$，顯示鳳梨農場的經營差異來自非人力所能控制因素的成分較大。

(三) 經由概似比檢定的結果，鳳梨農場存在技術無效率的情形；而個別鳳梨農場技術效率值經由計算，其平均數為0.7849，最大值為0.9841，最小值為0.3487，分佈情形為：有49.40％的農場介於0.9～1.0之間，有9.64％的農場介於0.8～0.9之間，有3.61％的農場介於0.7～0.8之間，有10.84％的農場介於0.6～0.7之間，有13.25％的農場介於0.5～0.6之間，有12.05％的農場介於0.4～0.5之間，而有1.20％的農場為0.4以下。就整體而言，尚有21.51％的技術無效率；而就個別農場而言，技術無效率值介於1.59％～65.13％之間，顯示部分農場尚有很大的提升空間。

(四) 根據技術效率影響因子的估計結果，變動成本及固定成本投入量、經營主栽植鳳梨的經驗年數、鳳梨種植面積佔總農場面積的百分比、台農6號、台農11號、台農13號及其他種鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比對效率提升有正面助益；而鳳梨農場經營主年齡、鳳梨栽植品種數、開英種、台農16號及台農17號鳳梨種植面積佔總鳳梨種植面積的百分比對效率提升會有負面影響。

二、建議

(一) 鳳梨產業應以提高產品品質作為主要訴求，以增強市場競爭力。開英種鳳梨的品質無法適應全年鮮食消費市場的需求(鮮食適期為6月至9月)，是以若要滿足鮮食市場的需求，提供消費者多樣化選擇，宜再栽植其他鮮食品種。依各品種之生產適期，更新鳳梨品種或適度增加鳳梨品種種類，並配合栽培技術之提升，提供高品質與不同風味的鳳梨，以滿足消費者。

(二) 根據實證結果，雖然鳳梨農場的經營差異來自非人力所能控制因素的成分居多，但也確實存在技術無效率的現象，且尚有技術提昇的空間。因此，農場主對於人為管理因素應不斷加強，以提昇效率。

(三) 勞動投入的生產彈性最大，而變動與固定成本投入量的多寡則與技術效率存在正向關係，農場主可朝增加變動與固定成本投入及提高勞動素質這兩方面加強，以提高產值與效率。

(四) 開英種、台農6號、台農11號、台農13號、台農16號、台農17號及其他品種鳳梨的栽植對於效率的影響各呈現正反向的關係，鳳梨農場經營主應慎選品種栽植。

引用文獻

1. 台灣鳳梨面積調查報告。1992。台灣省政府農林廳編印。
2. 李佩郁、李朝賢。1996。台灣菊花生產技術效率之分析。農業金融論叢36: 93-123。
3. 邱毅、陳永林。1992。台糖公司各糖廠技術效率之研究。台灣土地金融季刊29(4): 87-105。
4. 林月金、高德錚、陳榮五。1998。台中區農業改良場轄區重要農產品產銷結構之規劃－梨之產銷結構規劃。農業改

良場轄區重要農產品產銷結構之規劃 (II): 107-140。

5. 施能仁、謝志忠。1992。台灣熱帶水果發展方案之研究。國立嘉義農業專科學校。
6. 張清勤。1991。台灣鳳梨未來發展趨勢。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊：25-32。台灣省農業試驗所嘉義分所編印。
7. 張清勤、官青杉。1999。漫談台灣鳳梨生產。農情專訊198: 9-11。
8. 彭作奎、吳江胡。1986。台灣乳牛生產之技術效率與其影響因素之分析。農業金融論叢16: 29-38。
9. 彭作奎。1988。台灣主要農作物生產技術效率之研究。台灣銀行季刊39(4): 301-340。
10. 傅祖壇、詹滿色。1992。記帳農家之技術效率及差異來源探討—闡隨機性生產邊界模型之應用。中國農業經濟年刊1: 39-52。
11. 傅祖壇、詹滿色、劉錦添。1992。生產邊界估計方法、函數型式與個別農場技術效率—台灣稻作與果樹農場之實證。經濟論文叢刊20(2): 129-153。
12. 楊世華、陳唐平、潘德芳。2000。蓮霧農場技術效率之分析。中華農業研究49(1): 76-85
13. Aigner, D.J., and S.F. Chu. 1968. On Estimating the Industry Production Function. American Economic Review 58(4): 826-839.
14. Aigner, C. Lovell, A. K., and P. Schmidt. 1977. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Model. Journal of Econometrics 6(1): 21-37.
15. Battese, G.E. 1992. Frontier Production Functions and Technical Efficiency：A Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics. Agricultural Economics 7: 185-208.
16. Coelli, T., Rao, D.S.Prasada and G.E. Battese. 1998. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston.
17. Greene, W. H. 1980. Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Function. Journal of Econometrics 13(1): 27-56.
18. Huang C., and F.S. Bagi. 1984. Technical Efficiency on Individual Farms in Northwest India. Southern Economic Journal 51(1): 108-115.
19. Jondrow, J. K., Lovell, C. A., Materov, I. And P. Schmidt. 1982. On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. Journal of Econometrics 19: 233-238.
20. Kumbhakar, S.C., Ghosh, S. and J.T. McGuckin. 1991. A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Detetminants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms. Journal of Business and Economic Statistics 9: 279-286.
21. Lee, L. F., and W. J. Tyler. 1978. The Stochastic Frontier Production Function and Average Efficiency: An Empirical Analysis. Journal of Econometrics 7: 385-389.
22. Meeusen, W., and J. Van den Broeck. 1977. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error. International Economic Review 18: 435-444.
23. Olson, J. A., Schmidt, P. and D.M. Waldman. 1980. A Monte Carrlo Study of Estimators of Stochastic Frontier Production Functions. Journal of Econometrics 13: 67-82.
24. Pindyck, R. S., and D.L. Rubinfeld. 1991. Econometric Models & Economic Forecasts 3rd Edition. McGRAW-HILL, Inc, Singapore.
25. Reifschneider, D., and R. Stevenson. 1991. Systematic Departures from the Frontier: A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency. International Economic Review 32: 715-723.
26. Timmer, C.P. 1971. Using Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency. Journal of Political Economics 79: 779-794.

A Study on the Technical Efficiency of Pineapple Farms in Taiwan [1]

Tarng-Ping Chen, Shi-Hua Yang and Te-Fang Pan[2]

Summary

The varieties and input factors might have influences on the levels of technical efficiency in pineapple production. This paper attempts to estimate the levels of technical efficiency of pineapple farms and find factors which have significant effects on the management of pineapples.

The paper used Cobb-Douglas production function to build stochastic production frontier for a critical indicator to evaluate the farm's efficiency level. Eighty-three pineapple farms were selected as sample. Results showed that labour was the most important factor in pineapple production following by capital and land. The technical inefficiency of farms was between 1.59% and 65.13%, which suggested pineapple production still has space for improvement. Besides, capital, area, and varieties (such as Tainung No.6, Tainung No.11, Tainung No.13 and others) might significantly enhance the technical efficiency in pineapple production. Hence, increasing investment, raising labour quality, and adopting right variety may enhance the technical efficiency in pineapple production.

Key words : Pineapples, Technical Efficiency, Stochastic Production Frontier, Cobb-Douglas Function.

---

1. Contribution No.2082 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Research Assistant, Assistant Researcher, Researcher and Head, Department of Agricultural Economics, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.

中 華 農 業 研 究

第五十卷　第三期

中華民國九十年九月出版

發 行 人：林 俊 義
總 編 輯：陳 炳 輝
編審委員：
農藝組：林 信 山（主審）
王 強 生　呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明
劉 大 江　劉 新 裕　蔡 新 聲
園藝組：歐 錫 坤（主審）
王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道
農化組：林 木 連（主審）
王 鐘 和　郭 鴻 裕　劉 慧 瑛
植病組：張 清 安（主審）
安 寶 貞　林 正 忠　彭 金 騰　程 永 雄
蔡 武 雄
昆蟲組：羅 幹 成（主審）
王 清 玲　何 琦 琛　陳 炳 輝　陳 健 忠
鄭 允　鄭 清 煥
農機組：梁 連 勝（主審）
黃 禮 棟　蔡 致 榮

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 50, No.3 Sep. 2001

JOURNAL
OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Chien-Yih Lin

EDITOR IN CHIEF: Bing-Huei Chen

EDITORIAL BOARD:

Chin-An Chang (Plant Pathology)	Shyi-Kuan Ou (Horticulture)
Lien-Sheng Liang (Agri. Engineering)	Mu-Lien Lin (Agri. Chemistry)
Kang-Chen Lo (Applied Zoology)	Hsin-San Lin (Agronomy)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Pao-Jin Ann	Bing-Huei Chen	Chien-Chung Chen
Yi-Shin Chen	Ching-Huan Cheng	Edward Yun Cheng
Yung-Hsiung Cheng	Horng-Yuh Guo	Chyi-Chen Ho
Hsin-Tszu Hsu	Li-Duhng Huarng	Cheng-Chung Lin
Tsung-Dao Liou	Dah-Jiang Liu	Huey-Ing Liu
Sin-Yie Liu	Hsiu-Ying Lu	Shyi-Kuan Ou
Jin-Tong Peng	Jau-Chang Shih	Wu-Hsiung Tsai
Hsin-Sheng Tsay	Jyh-Rong Tsay	Chan-Sen Wang
Chong-Ho Wang	Chin-Ling Wang	Der-Nung Wang
Chwen-Ming Yang		

Reviewers of related fields are invited from universities, and other research organizations.

中華農業研究第五十卷第三期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04) 2330-2301～5

展售書局：

1.三民書局／台北市重慶南路一段62號　(02)2361-7511

2.五南文化廣場／台中市中山路2號　(04)22260330

3.新進圖書廣場／彰化市光復路177號　(04)7252792

4.青年書局／高雄市青年一路141號　(07)3324910

編輯印製者：榮裕實業股份有限公司

地　址：台中市大慶街二段二十號

電　話：(04)22618008

中華民國90年9月出版

定　價：NT175元

Vol. 50, No.3 Sep. 2001

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Optimization Parameters of Particle Bombardment for Tainung 67 Rice (*Oryza sativa* L.)
········Chi-Ni Hsia, Hsin-Muh Yen, Tung-Hai Tseng, Woei-Shyuan Jwo and Chang-Sheng Wang··· 1

Identification of the Inconsistence between Genomic Constitution and Phenotypic Variation in Interspecific Hybrids ($4x \times 2x$) of Peanut with DNA Marker
········Huey-Jiuan Huang, Shun-Fu Lin and Jaw-Shu Hsieh···12

Studies on the Agronomic Traits and Forage Yield of Three-way Cross Forage Maize Hybrids
········Chan-Lee Ho, Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur and Hung-Shung Lu···25

The Combining Ability and Relation on Yield among Different Generations of F_1 Hybrid of Tainan-White Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines
········Guang-Jauh Shieh and Fu-Sheng Thseng···33

Comparison on Production Potential and Antioxidant Enzyme Activity of different *Dioscorea* spp.
········Sin-Yie Liu, Ruey-Sheng Lai, Yi-Kung Lin, Su-Feng Chen, Hui-Ling Lo and Jau-Yueh Wang···40

Occurrence and Control of Nesting Whitefly (*Paraleyrodes bondari* Peracchi) in southern Taiwan········Hung-Chich Wen and Chiou-Nan Chen···59

Checklist of Ledridae (Homoptera: Cicadelloidea) from Taiwan
········Hsien-Tzung Shih, Chyi-Chen Ho, Jeng-Tze Yang and Shu-Pei Chen···66

Establishment on Rice Farming Management for Precision Agriculture System
········Chi-Hsiung Lai, Ching-Hsiang Yang, Bang-Hua Chen, Chih-Sheng Chen, Chia-Jen Liu, Lit-Fu Chan and Hsiu-Ying Lu···77

A Study on the Technical Efficiency of Pineapple Farms in Taiwan
········Tarng-Ping Chen, Shi-Hua Yang and Te-Fang Pan···88

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

定價：新臺幣一七五元

ISSN 0376-477X

9 770376 477003
GPN025263890075